

DIE BEWEGUNGEN DER ORGANE DES MENSCHEN
UND IHRE ERFASSUNG IM RÖNTGENBILD

Maria Steinbacher

1970

AUS INSTITUT UND POLIKLINIK
FÜR PHYSIKALISCHE THERAPIE UND RÖNTGENOLOGIE
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
RIEDER-INSTITUT

Direktor: Prof. Dr. H. v. BRAUNBEHRENS

DIE BEWEGUNGEN DER ORGANE DES MENSCHEN
UND IHRE ERFASSUNG IM RÖNTGENBILD

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfasst und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Maria Steinbacher
aus Kaiserslautern

München 1970

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. F. E. STIEVE
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. H. v. BRAUNBEHRENS
Dekan:	Prof. Dr. E. KRAFT

Tag der mündlichen Prüfung: 14.7.1970



MEINEN ELTERN
ZUR GOLDENEN HOCHZEIT

INHALTSÜBERSICHT

1. Einleitung: Das Phänomen "Bewegung"	7
2. Psychophysiologie des Bewegungssehens	8
3. Ergebnisse von Messungen der vorkommenden Bewegungsgeschwindigkeiten	12
4. Methoden der Bewegungsregistrierung Durchleuchtung - Kymographie - Röntgenkinematographie - Bandspeicher-Methode nach Nils-Magnus Ohlson	13
5. Physiologie der bisher untersuchten Organbewegungen unter Berücksichtigung einiger pathologischer Bewegungsformen	17
a) Schnelle Bewegungen (Herz, Gefäße)	17
b) Langsame Bewegungen (Magen-Darmtrakt, Urogenitaltrakt)	22
6. Zusammenfassung	42



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548328_0004

DAS PHÄNOMEN BEWEGUNG

In der Geschichte der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen gab es immer wieder Erscheinungen, die einer Beobachtung besonders angelegen waren. Das mag zum Teil an der Bedeutung liegen, die das jeweilige Phänomen für den Menschen und seine Anliegen besitzt, zum Teil aber auch an der Schwierigkeit einer adäquaten terminologischen Bestimmung des Gegenstandes. Letzteres scheint auf den Begriff "Bewegung" zuzutreffen. Bereits der griechische Philosoph Heraklit interessierte sich intensiv für diese Erscheinung. Sein Gedankengebäude basiert und gipfelt in dem Satz: "Alles ist in Bewegung" (alles fließt). Aber auch Aristoteles - und nicht nur er - der für die abendländischen Denkweisen so einflussreich wurde, befasste sich stark mit dem Phänomen Bewegung, vor allem deshalb, weil er nach dem "Beweger" selbst suchte.

Im naturwissenschaftlichen Sinne bedeutet Bewegung "die in der Zeit verlaufende Ortsveränderung eines Körpers; oder das Übergehen eines materiellen Punktes aus einer räumlichen Lage in die andere, wobei ein als ruhend betrachteter Körper oder als ruhend betrachtete Substanz vertreten und Träger des Bezugssystems sein muss" (HOFMEISTER).

Schon wenige Jahre nach Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch Wilhelm Röntgen am 8.11.1895 wurde der Faktor Bewegung für die medizinischen Wissenschaften bedeutungsvoll. Zwar ist das Bewegungsgeschehen des Menschen als verhältnismässig plump anzusehen; auch in Bezug auf Formveränderung ist es nicht von allzu grossem Ausmass.

Die Bewegungsanalyse bestimmter Organe bietet jedoch eine ausserordentliche Bereicherung der klinischen Diagnostik. Vorliegende Arbeit befasst sich u.a. vor allem mit Organen, die nach Untersuchung mit verschiedenen Röntgenverfahren sich durch spezifische Bewegungsarten auszeichnen. Dazu wurde das radiologische Schrifttum der letzten dreissig Jahre herangezogen.

PSYCHOPHYSIOLOGIE DES BEWEGUNGSSEHENS

Sehen ist optisches Wahrnehmen, das sich zum geistigen Erkennen steigert. Das menschliche Auge hat für Bewegungen nur eine begrenzte Wahrnehmungsfähigkeit. Es kann z.B. das Wachstum einer Pflanze oder die Bewegung des Minutenzeigers der Uhr oder sehr rasch fliegende Geschosse nicht sehen.

Zwar besitzt die menschliche Retina eine Informationskapazität von 40 Millionen Informations-Einheiten im Bruchteil einer Sekunde. Das menschliche Gehirn vermag jedoch nur einen unter 1 Promille gelegenen Anteil zu verarbeiten; der Grossteil wird also "übersehen" (STIEVE).

Beim Bewegungssehen muss man zwischen dem Sehen bewegter Gegenstände bei ruhendem Beobachteraue und dem Sehen von ruhenden oder bewegten Gegenständen bei bewegtem Beobachteraue unterscheiden. Denn auch die Augenbewegung beeinflusst die Wahrnehmbarkeit (SCHÖBER).

- a) Bei Beobachtung von bewegten Gegenständen durch ein ruhendes Beobachteraue ist das Verhalten des peripheren Teils der Netzhaut massgebend. Er nimmt am schnellsten wahr. Bewegungsrichtungen und Bewegungsgeschwindigkeiten werden jedoch im Bereich der fovea centralis besser unterschieden. Die Wahrnehmung der Bewegung geschieht mit Hilfe der Lokaladaption, des Kontrasts und der Nachbilder. Lokaladaption ist die Empfindlichkeitsänderung einzelner Netzhautstellen unter dem Einfluss auffallenden Lichts. Sie bewirkt, dass das Ausmass der im Gesichtsfeld herrschenden Leuchtdichteunterschiede durch örtlich unterschiedliche Erregbarkeit der einzelnen Rezeptoren gemindert wird. Im Bereich der Netzhautperipherie ist die Fähigkeit zur Lokaladaption erheblich grösser als im Gebiet der Fovea centralis. Diese Aufgabe wird weniger durch photochemische als vielmehr durch nervöse und psychische Steuerungen geleistet. Aus den Versuchen von FERREE und RAND geht hervor, dass das helladaptierte Auge Bewegungen besser beurteilen kann als das dunkeladaptierte (STIEVE).

Der Kontrast darf nicht einfach dem Reizunterschied gleichgesetzt werden. Er stellt vielmehr eine aktive physiologische und psychologische Funktion des Sehorgans dar. Erst der Kontrast ist in der Lage, das an und für sich schlechte optische Bild auf der Netzhaut zu einer scharfen Abbildung zu machen. Voraussetzung für die Entstehung des Kontrasts ist

im Allgemeinen ein Leuchtdichteunterschied. Wird irgendein Teil der Netzhaut von Lichtstrahlung getroffen, so wird seine Umgebung lichtunempfindlicher. Die Wirkung wächst mit der Grösse der Leuchtdichteunterschiede.

Die Aufgabe des Kontrasts liegt darin, dass die Leuchtdichteunterschiede zwischen verschiedenen Teilen des Gesichtsfeldes in der Wahrnehmung als Helligkeitsunterschiede übersteigert werden. Aus diesem Grunde muss der Kontrast der Lokaladaption entgegenwirken.

Der Kontrast verbessert die optische Bildunschärfe im Auge zur hohen Empfindungsschärfe und ermöglicht dadurch erst Sehschärfe und Formenempfindlichkeit. Er beeinflusst die empfundenen Helligkeits- und Leuchtdichteunterschiede und bewirkt, dass diese bei fast allen Adaptionsniveaus konstant bleiben. Kontrast ist neben der Bildschärfe das wichtigste Merkmal für die Erkennbarkeit eines Details. Unter Nachbildern versteht man jene Vorgänge, bei denen physikalische Reizdauer und Empfindungsdauer nicht übereinstimmen. Die Empfindung setzt nicht nur später ein als der Reiz, sie dauert auch nach dem Abschalten des Reizes noch eine gewisse Zeit an und erscheint in mehr oder weniger periodischem Wechsel noch durch mehrere Sekunden immer wieder. Die grösste Rolle spielt neben der Dauer und Intensität des nachbilderregenden Reizes der Adaptionszustand des Auges. Nachbilderscheinungen laufen im fovealen Netzhautbezirk langsamer ab als in der Peripherie.

Damit die Bewegung eines Punktes wahrgenommen werden kann, muss dieser eine gewisse Mindestgeschwindigkeit (ca. 1 bis 2 Winkelminuten/sec) gegenüber den ruhenden Teilen des Gesichtsfeldes besitzen, darf aber andererseits auch eine Höchstgeschwindigkeit, die von der Empfindungsschwelle abhängig ist, nicht überschreiten.

Steigt die Geschwindigkeit eines bewegten Punktes soweit an, dass das einzelne Empfindungselement während des Bilddurchgangs nicht mehr überschwellig gereizt wird, so kann die Bewegung nicht mehr wahrgenommen werden.

Die Feststellung einer Bewegung hat zur Voraussetzung, dass ausser den bewegten Punkten noch mindestens ein unbewegter Fixierpunkt sichtbar ist. Beim Fehlen von ruhenden Fixierpunkten steigt die untere Wahrnehmungsgrenze für Bewegungen im fovealen Bereich bis auf 18 Bogenminuten/sec an. Damit eine Bewegung wahrgenommen werden kann, ist nicht nur eine Mindestgeschwindigkeit des bewegten Objekts, sondern auch

eine Mindestverschiebung quer zum Beobachter notwendig. Man versteht darunter den kleinsten Winkel, um den ein bewegter Punkt endgültig verschoben werden muss, damit seine Ortsveränderung sichtbar wird. Diese Verschiebung quer zum Beobachter bei ruhendem Fixierpunkt muss mindestens 20 Winkelsekunden betragen, bei fehlendem Fixierpunkt sind Querverschiebungen von mindestens 80 Winkelsekunden erforderlich. Die Sehschärfe für bewegte Objekte ist grösser als die einfache Punktschärfe. Hierbei muss der Lokaladaption eine bedeutende Rolle zugemessen werden.

Im allgemeinen ist die Sehschärfe bei ruhenden Objekten höher als bei bewegten. Aus diesem Grunde ist die Sehschärfe im bewegten Fahrzeug kleiner als im üblichen Arbeitsraum. Das Beleuchtungsniveau muss daher entsprechend erhöht werden. In bestimmten Fällen kann aber eine langsame Bewegung des foveal oder peripher gesehenen Objekts auch zu einer Sehschärfeverbesserung führen. Der Grund liegt in der Verhinderung der Lokaladaption, vielleicht aber auch in einem geschickten Zusammenwirken zwischen Urbild und Nachbild. Wie bereits anfangs gesagt, liegt die Wahrnehmungsschwelle für Bewegungen in der Peripherie der Netzhaut niedriger als im fovealen Bereich, obgleich für das Bewegungssehen hauptsächlich die Peripherie der Netzhaut bestimmt ist. Dieser Widerspruch löst sich, wenn man zwischen Wahrnehmungsschwelle und der Auffälligkeit unterscheidet. Die Auffälligkeit der Bewegungen ist in der Peripherie trotz kleinerer Schwelle bei weitem grösser als im fovealen Bezirk. Die Gründe für dieses paradoxe Verhalten liegen wahrscheinlich in der unterschiedlichen Reaktion der einzelnen Netzhautteile gegenüber der Lokaladaption und gegenüber dem Purkinjeschen Nachbild (ursprüngliches Bild erscheint im Nachbild in der Kontrastfarbe). Diese beiden Vorgänge treten in der Netzhautperipherie in stärkerem Ausmass ein als in der Fovea.

- b) Ganz andere Verhältnisse treten dann ein, wenn sich der Beobachter selbst bewegt. Beobachtet man die fernen Teile einer Landschaft oder den Mond aus einem fahrenden Zug, so machen sie scheinbar jede Bewegung mit. Die nahen Teile, Bäume oder Telegraphenstangen etwa, fliegen in entgegengesetzter Richtung vorbei. Dazwischen bleibt ein Teil des Sehraums in Ruhe. Die Lage dieses Ruhepunktes, um den sich der ganze Raum zu drehen scheint, hängt von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ab.

- c) Ein Sonderfall in der Bewegungswahrnehmung tritt dann ein, wenn in zeitlicher Aufeinanderfolge zwar ruhende, aber jedesmal örtlich gegeneinander verschobene Bilder gezeigt werden. Es entstehen dabei Scheinbewegungen, die als stroboskopische Bewegungen bezeichnet werden. Sie bilden die Grundlage für die Kinematographie. Das Stroboskop ist der Vorläufer des Kinematographen. Eine grössere Anzahl von Zeichnungen, von denen jede eine andere Bewegungsphase darstellt, wurde nebeneinander auf die Innenwand einer Trommel geklebt, die oberhalb der Bilder auf ihrem ganzen Umfang nebeneinanderstehende Sehschlitze trug. Bei rascher Drehung der Trommel beobachtete man in jedem Schlitz ein neues Bild und gewann in der raschen Reihenfolge der Bilder den Eindruck einer zusammenhängenden Bewegung.

Beim Kinematographen ist der Vorgang grundsätzlich derselbe wie beim Stroboskop. Mit einer Kamera werden allerdings normalerweise 24 Bilder/sec. erzeugt. Die gleiche Bildzahl wird von dem Wiedergabegerät in der Sekunde auf den Bildschirm geworfen. Diese Bildzahl pro Zeiteinheit ist deshalb zweckmässig, weil es nicht länger als $1/30$ sec. dauern darf, damit aus den Einzelbildern ein scheinbarer Bewegungsvorgang entsteht. Fällt die Bildzahl beider Aufnahmen nicht mit der Bildzahl der Wiedergabe zusammen, so kommt man zu Zeitraffer oder zu Zeitlupe.

Deshalb ist der Ausdehnungsbereich von Zeit und Schnelligkeit der Kinokamera dem menschlichen Auge weit überlegen (MICHELS).

Ereignisse, die für die menschliche Wahrnehmungsfähigkeit zu schnell sind, werden mit der Zeitlupe dargestellt, während jene, die zu langsam sind, um beobachtet werden zu können, mit dem Zeitraffer sichtbar gemacht werden. Ein weiterer bedeutender Unterschied zwischen der Beobachtung mit dem Auge und der kinematographischen Leistung liegt im Blickwinkel, der durch Auge und Kameralistung umspannt wird. Während beim Menschen die horizontale Sicht einen Winkel von etwa 120 Grad umfasst, überschreitet die Linse der Kamera beim 35 mm Format kaum 50 Grad und beim 16 mm Filmformat 37 Grad. Bei Linsen mit langer Brennweite ist der Winkel noch geringer.

ERGEBNISSE VON MESSUNGEN DER VORKOMMENDEN BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEITEN

Für die Beurteilungen von Organbewegungen und ihre Erfassung durch die verschiedenen Röntgenverfahren ist die Kenntnis der Bewegungsgeschwindigkeiten von grosser Bedeutung. So sind z.B. exakte Beobachtungen über die am Herzrand auftretenden Geschwindigkeiten sehr selten. Sie beruhen auf kymographischen und kinematographischen Analysen der Bewegungen der Herzkontur, Strömungsmessungen des Blutes, Messungen der Pulswellengeschwindigkeit. Die von BERGER ermittelten Geschwindigkeiten der Herzrandbewegung betragen von 50 bis 400 mm/sec. am linken Herzrand, am rechten unteren Herzrand (Ventrikelbewegung) 10 bis 20 mm/sec; die Lateralbewegung 20 bis 50 mm/sec; die Medialbewegung 30 bis 70 mm/sec.

Was die Bewegungsgeschwindigkeit anderer Organsysteme betrifft, machten STUMPF, DAHM, STIEVE, MAINTZ und WILLENWEBER auf Grund eigener Messungen folgende Angaben:

Aorta:	10 - 200 mm/sec.	
Lungenhilus:	8 - 50 mm/sec.	
Zwerchfell:	20 - 50 mm/sec.	
Zwerchfell bei		
Husten oder Schnupfen:	100 - 400 mm/sec.	
Schluckakt:	50 - 300 mm/sec.	
Oesophagus:	300 mm/sec.	(mittlerer Teil) (DAHM)
	bzw. 10 - 100 mm/sec.	(STIEVE)
Magen:	1,15 - 15 mm/sec.	
Duodenum:	5 - 20 mm/sec.	
Dünndarm:	5 - 30 mm/sec.	
Dickdarm:	1 - 10 mm/sec.	
Niere und Ureter:	6 - 25 mm/sec.	(STIEVE)
	bzw. 26 mm/sec.	(MAINTZ und WILLENWEBER)

Angaben über Geschwindigkeiten von Organen mit besonders schnellen Bewegungen, z.B. von Gefässen, oder mit besonders langsamen, z.B. Gallenblase-Duktus choledochus, sind in der Literatur nicht nachzuweisen.

METHODEN DER BEWEGUNGSREGISTRIERUNG

Für die Erfassung von Bewegungsabläufen im Röntgenbild muss vorangestellt werden, dass es sich um organische Bewegungen handelt, deren Verlauf großen physiologischen Schwankungen ausgesetzt ist. Bei pathologischen Veränderungen ist diese Unsicherheit erhöht. Weiterhin sind diese Bewegungen Komplex- nicht Einzelbewegungen, bestehend aus langsameren und schnelleren Anteilen und damit Überlagerungserscheinungen ausgesetzt (BRUCK-MAYER).

Folgende Methoden stehen zur Verfügung:

- 1) Durchleuchtung
- 2) Röntgenkinematographie
- 3) Röntgenkymographie
- 4) Bandspeicher
- 5) Hochgeschwindigkeits-Cinefluographie nach Nils-Magnus Ohlson, als Beispiel eines Spezialverfahrens.

1) DURCHLEUCHTUNG

Sie ist die älteste aber am wenigstens geeignete Form der Bewegungserfassung. Die Untersuchungen sind mit einer hohen Strahlenbelastung verbunden (STIEVE), da, wie bereits einleitend bemerkt, sich die sichtbare Bewegung aus Einzelbewegungen zusammensetzt. Zudem werden die Bewegungsvorgänge nur unvollkommen von der menschlichen Netzhaut verwertet.

2) RÖNTGENKINEMATOGRAFIE

Die Festhaltung von Bewegungsvorgängen innerer Organe gelang erstmals durch die Kinematographie. Versuche, bewegte Organe röntgenkinematographisch zu erfassen, sind fast so alt wie das medizinische Röntgenverfahren selbst. Be-

reits 1909 wurden die ersten kinematographisch aufgenommenen Röntgenogramme von KAESTLE, RIEDER und ROSENTHAL hergestellt. Das Wesen dieses Verfahrens besteht in der Herstellung einer genügenden Anzahl aufeinanderfolgender Röntgenmomentaufnahmen eines in Bewegung befindlichen Organs während des einmaligen Ablaufs dieses Bewegungsvorgangs. Die zwischen 1950 und 1960 von JANKER weiterentwickelte Bildverstärckerkinematographie hat den Vorteil einer Dosisherabsetzung und einer freien Frequenzwahl bei guter Bildqualität (GEBAUER).

Die Frequenz ist durch Röntgenapparat und Röntgenröhren auf 200 Bilder/sec. begrenzt. Ein Nachteil besteht in der grossen Zeitspanne zwischen Filmaufnahme und Entwicklung.

3) RÖNTGENKYMOGRAPHIE

Mit der Einführung der Röntgenkymographie gelang erstmals die Herstellung von Röntgenbild und gleichzeitiger Kurvenaufschreibung. Das ursprüngliche Verfahren, von SABAT, GÖTT und ROSENTHAL angegeben, besteht darin, dass man an einer Bleiabdeckung mit schlitzförmiger Aussparung eine Platte vorbeizog, so dass die Bewegungsänderung eines Röntgenbildes als Kurve dargestellt werden konnte.

Pleikart STUMPF entwickelte auf dieser Basis bereits 1928 eine Kombination der Röntgenkinematographie mit der Kymographie, die sog. Flächenkymographie, und damit die heute allgemein anerkannte Methode.

Die besonderen Vorzüge der Kymographie liegen in der Erfassung vor allem langsam ablaufender Bewegungen. So ist es möglich auf einem einzigen Film normalen Formats nicht einen Augenblickszustand in der Momentaufnahme festzuhalten, sondern einen ganzen Bewegungsablauf, der nach Entwicklung des Films beliebig oft mittels eines Rasters vorgeführt werden kann. Die Kymographie hat gegenüber der Kinematographie den Vorteil der kontinuierlichen Aufnahme, denn ein konstantes Ablaufintervall gibt es in der Kinematographie nicht. Ihr Bewegungsbild bringt eine Serie von Einzelaufnahmen hervor. Doch um Verzerrungen eines Bewegungsablaufs bei der Reproduktion zu vermeiden, muss ein konstantes Aufnahmeintervall vorausgesetzt werden, das dem Ablaufintervall des Objekts entsprechen muss. Zu-

dem macht die Kinematographie auf Grund der langen Aufnahmezeit und der dazu nötigen Strahlenbelastung gerade in Bezug auf langsame Bewegungen eine Untersuchung unmöglich (HECKMANN). Bewährt hat sich die Flächenkymographie jedoch vor allem in der Beurteilung der Herzbewegungen. Sie ist in der Lage, entscheidend diagnostische Hinweise zu geben. Eine Weiterentwicklung stellt die Elektrokymographie dar. Das von HECKMANN 1936 angegebene Verfahren beruht darauf, dass durch pulsierende Organe (Herz) hervorgerufene Helligkeitsunterschiede des Leuchtschirmbildes mittels Photozelle und Verstärker in Spannungsschwankungen umgewandelt werden, die registriert, eine quantitative Analyse von Bewegungsvorgängen ermöglichen.

Diese Schwankungen lassen sich beliebig verstärken. In Erweiterung seiner Methode gibt HECKMANN die sog. Phasenanalyse an, eine Zusammenfassung mehrerer Elektrokymogrammkurven, die eine „lupenförmige“ Vergrößerung der Gesamtbewegung des Herzens gestatten soll. Dabei werden die Spannungskurven zunächst synchron untereinandergesetzt. Die Aufnahmepositionen sind auf dem Orthodiagramm als Linien, die senkrecht auf den Herzrand gestellt sind, eingezeichnet. Entsprechend dem zeitlichen Ablauf werden die Spannungsschwankungen des Elektrokymogramms auf die Linien aufgetragen, wonach die Punkte der gleichen zeitlichen Ablaufphasen (Isophasen) miteinander verbunden werden. Man erhält dadurch ein Bild des Bewegungsablaufs, bzw. der Umformung der Herzsilhouette während einer Herzaktion.

4) MAGNETBANDSPEICHERUNG

Diese Methode erlaubt eine Registrierung von Bewegungsabläufen mit sofortiger Wiedergabemöglichkeit (GEBAUER). Hier wird mittels Tastendruck das Durchleuchtungsbild auf einem Magnetband elektromagnetisch aufgezeichnet. Dieses Band besteht aus einer dünnen Kunststoffolie, auf der einseitig eine sehr dünne Schicht Magnetmaterial aufgelegt ist. Ein Magnetkopf überträgt das sog. Video-Signal.

Weiterhin besitzt das Gerät noch ein bis zwei Tonkanäle. Somit können synchron akustische Signale festgehalten werden. Die Bildqualität entspricht in etwa der der Originaldurchleuchtung.

5) METHODE NACH NILS-MAGNUS OHLSON

Dem Verfahren liegt eine Hochgeschwindigkeits-Cinefluorographie zugrunde, deren Röntgenausstattung aus einer Westinghouse "Autoflex" besteht. Die Bewegungen werden von einer Kodak Camera aufgenommen, die 270 Bilder/sec. liefert. Zusammen mit den Aufnahmen werden synchron EKGs, Phonocardiogramme und Druckpulsmessungen der Art. femoralis vorgenommen. Über drei Oszilloscope werden die Werte elektronisch aufgezeichnet. Die Untersuchungen wurden an narkotisierten Hunden gemacht.

Ein Ödman-Ledin-Katheder wird von der rechten Vena femoralis aus durch die fossa ovalis in den linken Vorhof, die linke Kammer und die Aorta ascendens geführt. Besondere Anforderungen sind an das Kontrastmittel geknüpft: es muss strahlen-schluckend sein; eine genaue Unterscheidung zwischen Blut und Kontrastmittel muss getroffen werden können, eine Auflösung des Mittels im Blut darf in den ersten 15 bis 20 Minuten nicht stattfinden. Es soll in Form von kleinen, aber sichtbaren Teilchen injiziert werden, oder es muss solche Teilchen nach Injektion bilden; Toxizität und Kreislaufwirkung haben gering zu sein. Diese Forderungen scheinen Lipiodol und Ethiodol zu erfüllen. Lipiodol, ein jodhaltiges Mohnsamenöl mit einem spez. Gewicht von 1,35 und relativ hoher Viskosität und Oberflächenspannung, verteilt sich nach Injektion in Tropfen zwischen 1 und 3 mm, deren Grösse von der Geschwindigkeit der Einspritzung abhängt. Grosse Oberflächenspannung und Viskosität verhindern eine Aufspaltung in kleine Teilchen, was bei der Untersuchung des linken Ventrikels und der Aorta ascendens besonders erwünscht ist.

Ethiodol hat ein kleineres spez. Gewicht (1,28) und geringere Oberflächenspannung und Viskosität als Lipiodol. Deshalb entstehen kleinere Tröpfchen bei gleicher Injektionsgeschwindigkeit. Dies ist dann von Vorteil, wenn eine Grosszahl von 0,5 bis 2 mm grossen Tröpfchen erwartet wird, wie es bei Experimenten am Bulbus und Arcus aortae der Fall ist.

Dieses Verfahren ermöglicht eine Beobachtung der mechanischen Probleme des kardiovaskulären Systems. Die Verbindung mit EKG, Phonokardiograph und Röntgenfilm macht es zu einer grossen Bereicherung von Untersuchungen bes. physiologischer Vorgänge.

PHYSIOLOGIE

DER BISHER UNTERSUCHTEN ORGANBEWEGUNGEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG

EINIGER PATHOLOGISCHER BEWEGUNGSFORMEN

a) SCHNELLE BEWEGUNGEN

1) Herz

Funktion ist Form in Bewegung. Dies gilt in besonderer Weise für das Herz, das meistbewegte Organ. Es unterliegt in Gestalt und Aktion grossen Schwankungen. Obgleich es sich durch seine Lage zwischen den lufthaltigen Lungen für die Röntgenuntersuchung geradezu anbietet, so ist es doch nur die äussere Fassade, die durch die Bewegungen der Ränder und die Formänderung der Herzsilhouette sichtbar wird. Doch gibt diese äusserlich sichtbare Gestaltänderung nur geringen Aufschluss über die Vorgänge in den Herzbinnenräumen. Beide Fakten zusammen geben aber nur ein wahres Bild über die eigentliche Herzbewegung ab. Studien über die physiologischen und pathologischen Bewegungen des Herzens mit den verschiedenen Methoden sind zahlreich. Es sind Untersuchungen über ein kaum fassbares, aktuelles klinisches Problem. Deshalb kann dieser Beitrag lediglich eine fragmentarische Zusammenfassung vorläufiger und unvollständiger Teilergebnisse darstellen, die Gegenstand weiterer Erforschung bleiben dürften. Die umfangreichsten Daten gehen aus den Arbeiten von STUMPF und WELTZ hervor. Danach stellt die Herzbewegung das Resultat aus Muskelkontraktion, Blutvolumen und Blutdruck dar. Dass die Verschiebung einer dieser Komponenten eine Änderung der Bewegung zur Folge hat, macht jede Erfassung und klinische Anwendbarkeit äusserst komplex.

Betrachtet man das normale Herz im Kymogramm, so erfährt es nach Erreichung seines grössten Umfanges eine ruckartige Verkleinerung am ganzen linken Herzrand (Beginn der Systole). Diese beginnt am basalen Abschnitt. Der apikale rechte Herzrand rückt gleichzeitig nach medial, sein basaler Teil wird bei seiner Verkleinerung des basalen Herzabschnitts gehoben und buchtet sich vor. Mit dieser Bewegung geht eine maximale Verbreiterung des Gefässbandes einher. Sie wird in die Vorwölbung des cranialen rechten Herzrandes miteinbezogen. Kurz danach rückt die Vorhofzone rechts nach

einwärts, gleichzeitig verbreitet sich der linke untere Herzabschnitt (Diastole.)

Als Zeichen der Vorhofsystole zeigt sich im basalen Herzabschnitt eine ruckartige Bewegung.

Eindrucksvolle Ergebnisse erbringt eine elektrokymographische Untersuchung von GADERMANN.

So zeigt die Aufzeichnung der Randpulsation des linken Ventrikels deutliche Auf- und Abwärtsbewegungen an allen Abnahmepunkten. Unmittelbar nach dem ersten Herzton beginnt die Systole meist mit einer Lateralbewegung. In manchen Fällen wurde eine sog. protosystolische Senkung beobachtet, im Kurvenbild als kleine Mulde erkennbar, die als Ausdruck der isometrischen Anspannung gedeutet wird. Die Medialbewegung des Herzens beginnt mit der Öffnung der Semilunarklappen und endet mit dem zweiten Herzton. Diese Bewegung dauert an der Herzbasis weiter an, im Herzspitzenbereich beginnt die Lateralbewegung synchron mit dem Auftreten des zweiten Herztones. WELTZ und HECKMANN fassen diese systolische Lateralbewegung des linken Herzrandes als Rückstossbewegung auf, während sie von VOGT als rein aortale Rückstossbewegung gewertet wird.

Das Herz nähert sich in dieser Phase der Kugelform. Nach HECKMANN ist diese Ausbuchtung der Herzspitze bei Myocardschäden besonders ausgeprägt, da dieses Gebiet den rasch ansteigenden systolischen Innendruck nicht überwinden kann und infolgedessen am leichtesten gedehnt wird. Die Tatsache, dass die systolische Medialbewegung im Bereich des linken Ventrikels an der Herzspitze früher einsetzt als an der Basis, scheint physiologischen Erkenntnissen zu entsprechen. Der Ventrikel weist in der praesystolischen Phase am Ende der diastolischen Füllung eine längsovale Form auf, die sich zu Beginn der Systole, während der isometrischen Anspannungszeit, bereits ändert. Die Myoarchitektonik des Herzens ist so angeordnet, dass sich bei einer Kontraktion die Longitudinalachse der Kammer verkürzen muss. Es entsteht eine Kugelform. Herzbasis und -spitze nähern sich einander, wobei die Herzbasis eine Caudalbewegung ausführt, die Herzspitze eine cranialwärts gerichtete. Entsprechend der protosystolischen Lateralbewegung infolge Linkspendeln des Herzens ist auch eine protodiastolische Medialbewegung infolge Rechtspendeln nachzuweisen, die sofort nach Beginn des zweiten Herztons in Erscheinung tritt. Die Medialbewegung macht sich besonders an der Herzbasis bemerkbar, während im Spitzenbereich die Bewegungsrichtung wieder erheblich früher umschlägt (Diastolische Lateralbe-

wegung). Nach Schluss der Semilunarklappen befindet sich die Herzkammer fast in Kugelform. Die Wandungen erschaffen langsam bis der Vorhofinnendruck den Kammerinnendruck übersteigt und damit die Mitralklappe öffnet. Das Blut strömt nun in Richtung Herzspitze, die sofort nach lateral-caudal bewegt wird. In diesem Bezirk erfolgt dann eine der Pendelbewegung entgegengesetzt gerichtete Bewegung, die erstere entweder aufhebt oder abbremsst. Nach GADERMANN sind die Pulsationsverhältnisse am rechten Ventrikel wegen der Überlagerung durch Vorhöfe und der Gefässe schwierig zu deuten. Wahrscheinlich kommt es auch hier in der Anspannungszeit zu einer Umformung der Ventrikel.

Bei der röntgenkinematographischen Beobachtung des Bewegungsablaufs der Mitralklappe lässt sich nach PUFF u. a. ein Unterschied im Schliessungsmechanismus der beiden Klappenteile feststellen.

Das aortale Segel wird rein mechanisch durch äussere Faktoren in den jeweiligen Angriffspunkt der Blutströmung gestellt und geöffnet. Es "balloniert" unter zunehmendem Druck des Ventrikelblutes in den Vorhof aus. Das laterale Segel wird zunächst im basalen Drittel ruckartig vorhofwärts angehoben. Diese Bewegung wird durch die in die Klappen einstrahlende Vorhofmuskulatur bewirkt. Der freie Teil des Segels schnellt anschliessend in einer peitschenartigen Welle hoch, wobei das laterale Segel in Schlussstellung gebracht wird. Durch Zug der Papillarmuskeln wird das Segel über das Blut unter der Klappe hochgerollt. Nach Farbfilmaufnahmen mit einer neuartigen Perfusionstechnik konnte PADULA eine durch aktive Muskeleistung hervorgerufene Klappenfunktion von einer durch passive Blutströmung entstandenen Bewegung der Klappen unterscheiden. Möglicherweise würden Bewegungen der Mitralklappen während der Diastole den 3. Herzton auslösen.

Untersuchungen über Bewegungsformen am pathologisch veränderten Herzen sind sehr spärlich. Sie erreichen die ausführlichen Beobachtungen von Pleikard STUMPF nicht. Hier bleibt ein ungewöhnlicher Raum für zukünftige wissenschaftliche Betätigung.

2) Gefässe

Die Coronararterien erfahren synchron mit der Systole und Diastole eine zieharmonikaähnliche Verkürzung (SIMONETTI). Sie sind während der Systole maximal komprimiert, wobei die durchfliessende Blutmenge um mehr als

die Hälfte vermindert ist. Wahrscheinlich besteht auch eine Eigenkontraktion und -dilatation.

Diese "Drosselung" der Coronarströmung betrifft nach einer neueren Untersuchung von ZIMMERMANN nur die linke Coronararterie. Auch GREGG, WIGGERS und COTTON, LÄSZT und MÜLLER fanden schon diese Einstromhemmung in der frühen Systole, die nach ANREP und GREGG in Rückstrom umschlagen kann und keine Beziehung zur Aortendruckkurve aufweist. Anhand der selektiven Coronarangiographie, insbesondere der kombinierten Form - Kontrastmittel - CO_2 - konnte ZIMMERMANN detaillierte Angaben über den Bewegungsablauf der verschiedenen Herzkranzgefäße machen.

Der R.*descendens ant.* der linken Coronararterie zeigt zu Beginn der Austreibungszeit eine deutliche Rückstrombewegung in den Bulbus mit anschliessender verlangsamer Vorwärtsströmung, die am Ende der Systole über den Ursprung der Rückstrombewegung hinausgeht. In der Diastole fliesst der Blutstrom nach anfänglicher Beschleunigung gleichmässig ab. Auch die Seitenäste des R.*descendens* erfahren zu Beginn der Systole eine kräftige Rückstrombewegung, der eine deutliche Hemmung der Vorwärtsbewegung folgt. Im Gegensatz zum Hauptast wird am Ende der Systole der Ursprungspunkt der Rückbewegung nicht überschritten, was einer Drosselung des Bluteinstroms während der Systole gleichkommt.

Am R.*circumflexus* liess sich nur eine kurze Phase der Drosselung während der Austreibungszeit ohne deutliche Rückstromtendenz am Ende der Systole nachweisen.

Die rechte Coronararterie erfährt während der Systole nicht nur keinen Stop des Bluteinstroms, sondern - wie ZIMMERMANN mit der selektiven Angiographie nachweisen konnte - sogar noch eine Verstärkung des Einstroms. Nach GREGG wird ein Rückstrom selten beobachtet und dann nur in der späteren Systole oder frühen Diastole. Die Stromkurve der rechten Coronararterie entspricht nach diesem Autor der Aortendruckkurve.

Die Bewegungen der Aorta sind von verschiedenen Faktoren abhängig (JULIANI). Einmal von der Herztätigkeit, dem Zustand des Myocards, der Lage von Zwerchfell und Herz; dann von den Pulsationen, die ihrerseits von Blutdruck, Elastizität der Wandung und systolischem Druck abhängen und zuletzt von der Hämodynamik. Nach neueren Untersuchungen an Hunden von OHLSEN erfährt die Aorta *ascendens* eine typische Deformierung: während der Herzaktion vergrössert sie sich der Länge nach und verkleinert da-

bei ihren Durchmesser. Zeitlich geht dieser Vorgang mit dem Beginn der Q-Welle im EKG einher.

Nach JULIANI lassen sich 3 Bewegungsmechanismen unterscheiden:

- a) Verschiebungen der Aorta durch die Ventrikelkontraktionen;
- b) Eigenpulsationen;
- c) Verschiebungen, die von der Herzbewegung unabhängig sind.

Die Eigenbewegungen stehen in Beziehung zur Elastizität der Aorta. Die von der Herzbewegung unabhängigen Verschiebungen beruhen auf der Biegsamkeit der Aorta. Sie entsprechen einer Aufrichtung des Aortenbogens.

Nach WELTZ macht die Aorta eine Medial- und eine Lateralbewegung. Die Medialbewegung entsteht während der Auffüllungszeit des Herzens. Sie geht vor Beginn der Austreibungsphase in eine zunächst langsame Lateralbewegung über. Nach Aufrichtung des Herzens in der Anspannungszeit beschleunigt sich diese Bewegung. Systolische Medialbewegungen sprechen nach JULIANI für eine Starre des gesamten Aortenrohres (Aortensklerose). Bei der Mesoarthritis luica wird dagegen zuerst die Elastizität und damit die Eigenpulsation vermindert, während die Verschiebungen durch Aufrichtung des Aortenrohres infolge der verringerten Eigenpulsation unverändert oder sogar verstärkt erkennbar bleiben.

Die Arterien und Venen der Lungen zeigen pulsatorische Bewegungen, die vom Herzen und der Aorta über das Lungengewebe vermittelt werden (MONTANARA). Sie sind verstärkt bei einer Abnahme der Lungenelastizität (Tuberkulose, Silikose, Emphysem), abgeschwächt bei Pleuraschwielen und Infiltrationen der Lunge; bei hilusnahen Infiltraten können sie vollkommen fehlen. Echte Eigenbewegungen konnten bisher nur bei jenen angeborenen Herzfehlern nachgewiesen werden, bei denen ein erhöhter Pulmonalarterien- druck mit vergrössertem Durchflussvolumen und Ausweitung der Lichtungen verbunden war.

Untersuchungen an der sklerosierten Iliakalarterie (SCHLICHT) liessen einerseits lateralwärts gerichtete Schleuderbewegungen des gesamten Gefässrohres erkennen, wenn die Wandprozesse noch nicht zur völligen Starre geführt hatten; andererseits zeigte sich ein Ausschlagen der durch Elongation entstandenen Bögen, wenn die Veränderungen zu einer Wandschwäche mehr in der Länge des Gefässes geführt hatten, und eine raupenartige Verformung des Gefässes, wenn dies mehr der Breite nach der Fall war. Die Entstehung der Schleuderbewegung ist wohl durch den Aufprall der Druckwelle an einer Stenose, wo sie reflektiert wird, zu erklären.

Beobachtungen von Bewegungen venöser Gefäße durch röntgenkinematographische Untersuchungen von MONTANARA beziehen sich auf die oft diskutierte Venenperistaltik, die mit diesem Verfahren nicht nachzuweisen war. Die Schwankungen in der Weite der Gefäße wäre demzufolge durch Tonusänderungen der Venenwand, durch Muskelkontraktionen und, was die Venen der oberen Körperhälfte betrifft, durch Druckschwankungen im Thorax bei In- und Expiration bedingt.

b) LANGSAME BEWEGUNGEN

1) Gastro-Intestinaltrakt

Schluckakt: Zu Beginn des langsamen Transports des Speisebreis durch den Magen-Darmtrakt stehen die relativ schnellen Bewegungen des Herunterschluckens und der Fortbewegung durch die Speiseröhre.

Schlucken ist ein komplexer Vorgang, bei dem Bewegungen der Zunge, des weichen Gaumens, der Pharynxwände, der Epiglottis, des Zungenbeins sowie des Kehlkopfes, des Sphinktermechanismus des Larynx und die Bewegungen des Oesophagus zusammenwirken. Schnellere Bewegungen sind der Epiglottisschluss und das Einfließen in den Oesophagus (TAKENAKA). Nach den kymographischen Untersuchungen STUMPFs kommt der Schluckakt dadurch zustande, dass sich die Zungengrundmuskulatur an die Hinterwand des Schlundes anpresst.

Eine präzisere Dokumentation des Schluckvorgangs lieferte eine röntgenkinematographische Untersuchung von RANDACCIO und TOSKANO. Danach besteht der Schluckakt aus folgenden Abschnitten:

- a) Dilatation des Hypopharynx und Hypertonus des Pharynxeingangs durch Kontraktion des *M. cricopharyngeus*.
- b) Kontraktion in toto des Hypopharynx mit einer Öffnung des Isthmus pharyngis durch Erschlaffung des *M. cricopharyngeus*.
- c) Einer Serie von oberflächlichen peristaltischen Wellen, die sich ununterbrochen vom Hypopharynxeingang zum cervikalen Oesophagus fortpflanzen.

Oesophagus

Beim Herabgleiten der Speisen in der Speiseröhre lassen sich mit dem Flächenkymogramm Eigen- und Mitbewegungen unterscheiden (DAHM). Neben Dehnungsbewegungen, die von der Beschaffenheit der Speisen abhängen, zeigt sich zuweilen Peristaltik. Diese ist laut Definition "eine in koordinierten Phasen abgelaufene motorische Aktivität eines Hohlorgans mit muskulärer Wand, mit bestimmtem Richtungssinn, bei der jeder Kontraktionswelle eine Erschlaffungswelle vorangeht" (TURANO).

Peristaltik zeigt sich (DAHM) im Bewegungsablauf der Speiseröhre erst nach festen Speisen, häufig nur ventral, seltener dorsal, manchmal zirkulär. Beim Ablauf der peristaltischen Wellen kommt es mitunter zu festem Anpressen der gegenüberliegenden Speiseröhrenwand mit deutlicher seitlicher Ausbiegung.

Die Mitbewegungen sind wechselseitig. Die herabsinkenden Speisen können die Gefässe zur Seite drängen. Ausgeprägter und regelmässiger sind die Eindrücke von Gefäss- und Herzpulsationen auf der Speiseröhre. Im Bereich der grossen Gefässe finden sich pulsatorische Gefässimpressionen an der anliegenden Speiseröhrenwand. Die Einwirkungen des linken Vorhofs entsprechen in ihrer Ausdehnung nicht immer seiner grossen Berührungsfläche mit dem Oesophagus. Charakteristisch für die Vorhoftätigkeit sind Doppeleindrücke. Dabei kann der Vorhof während der Ventrikeldiastole und während der Vorhofdiastole gegen den Oesophagus ausschlagen. Manchmal erfolgt auch eine dorsal gerichtete Wandbewegung der Speiseröhre, wahrscheinlich durch die Vorhofdiastole oder durch eine Drucksteigerung im Vorhof während der Anspannungszeit der Ventrikel. Vorhof- und Kammertätigkeit sowie häufig Gefässpulsationen lösen eine Pendelbewegung aus. Entsprechend Pulsationsbreite, Rhythmus der einzelnen Herzabschnitte, erfolgen die Pendelbewegungen in den anliegenden Speiseröhrengebieten in verschiedenen Zeiten und in unterschiedlicher Ausdehnung. Im Brustteil der Speiseröhre gibt es stumme Zonen, d.h. solche ohne Gefäss-, Vorhof- oder Kammereinwirkung. Nach neueren radiologischen Untersuchungen von TURANO erfolgte eine Längsdehnung des Oesophagus während des Schluckaktes, die nicht nur den cerviko-thorakalen Abschnitt, sondern den ganzen mittleren Oesophagus miteinbezieht. Neben der vom Schluckakt ausgelösten Peristaltik (BOITEL) wird der Nachweis einer sekundären oder autonomen Peristaltik erbracht, welche

von afferenten Reizen ausgelöst wird, die ihrerseits von Rezeptoren längs der Wand des Oesophagus stammen. Ausserdem werden Abschnittskontraktionen beobachtet, die keinen Peristaltikcharakter haben, d.h. sich nicht fortpflanzen, keine Koordination zeigen und nicht den Kardiatonus verändern. Bei flüssigen Speisen findet kaum ein Aufenthalt beim hiatus oesophagei statt, nur bei Inspiration wird der Übergang etwas verzögert, die Atmung fördert die Bewegung (PESCE). Bei festen Speisen wird ein mehr oder weniger ausgesprochener Stop beim Hiatus festgestellt ("Vormagen"), der durch die Inspiration verstärkt, durch die Expiration gehemmt wird. Die Inspiration wirkt also epiphrenisch hemmend auf die Bewegung, fördert dagegen subphrenisch den Abfluss in den Magen; die Expiration wirkt umgekehrt. Aus den Veränderungen des Bewegungsablaufs bzw. dessen Fehlen lassen sich Rückschlüsse auf die Art einer Erkrankung ziehen.

Ein völliges Fehlen der Bewegung findet sich beim Oesophagus-Karzinom dann, wenn bereits perioesophageale Infiltration stattgefunden hat (JULIANI).

Ein Motilitätsausfall zeigt sich auch beim Kardiospasmus, der aus einer entzündlichen und degenerativen Schädigung des plexus myentericus Auerbach besteht (BOITEL). Hier ist differentialdiagnostisch zum Kardia-Karzinom vor allem die Motilität des thorakalen Oesophagusabschnittes von Bedeutung (JANKER). Die für einen Kardiospasmus typische Erweiterung des thorakalen Oesophagusabschnitts findet sich in der Regel beim Kardia-Karzinom nicht. Erkennt man eine annähernd normale Weite und regelrechte Motilität des thorakalen Abschnitts in Verbindung mit einem engen, starren und unregelmässig begrenzten Vestibulum oesophagei, so ist die Diagnose eines Karzinoms im vestibulären Bereich nahezu gesichert. Als Fahrstuhlphänomen wird eine eigenartige Bewegungsstörung bezeichnet, bei der eine verschluckte Bariumportion mehrfach aus dem unteren Oesophagus bis zum Aortenbogen oder zum Hypopharynx emporsteigt, ehe sie die Kardia passiert (DREYFUSS).

Während eine Retroperistaltik bei älteren Menschen häufig zu beobachten und ohne krankhafte Bedeutung ist, tritt das Fahrstuhlphänomen in aufrechter Haltung auf. Es unterscheidet sich von der Retroperistaltik beim Vorhandensein eines Kardiospasmus dadurch, dass es schneller und effektvoller verläuft. Der auslösende Faktor für die neuromuskuläre Funktionsstörung, die das Fahrstuhlphänomen hervorruft, ist eine Verletzung

oder Gewebsveränderung im Bereich des unteren Oesophagus. Bei 20 Beobachtungen konnten 18 mal eine organische Krankheit gefunden werden, darunter 9 Malignome, 5 Divertikel oder Hiatushernien, 4 mal eine Oesophagitis bzw. Gastritis.

Magen-Darm

Auch beim Magen-Darmtrakt werden Eigen- und Mitbewegungen beobachtet. Letztere kommen vor allem in den oberen Addominalorganen vor. Nach STUMPF ist es verständlich, dass die "mächtige" Herz- und Gefäßbewegung die ganze, aus elastischen Teilen bestehende Umgebung, also auch die oberen Teile des Abdomens mitbewegen muss (HEIDENBLUT). Sie sind jedoch in Bezug auf Klinik und Diagnose von weitaus geringerer Bedeutung als die Eigenbewegung dieser Organe. Die Übertragung der pulsatorischen Mitbewegung auf die Abdominalorgane erfolgt durch das Zwerchfell. Es sind systolisch cranial- und diastolisch caudalwärtsgerichtete Pendelbewegungen. Die eigentliche Motorik des Magens beginnt schon sehr bald nach der Nahrungsaufnahme. Es bilden sich durch ringförmige Zusammenziehung bedingte Einschnürungen, die duodenalwärts laufen. Die peristaltische Welle schnürt zunächst einen Teil des Mageninhalts unvollkommen ab und schiebt ihn pyloruswärts, wobei die oberflächlichen, mit Magensaft durchtränkten Schichten des Speisebreis abgestreift und durch tiefere ersetzt werden (REIN-SCHNEIDER).

Am oberen Teil des Corpus ventriculi lassen sich kymographisch oberflächliche Randzacken nachweisen, die sich deutlich von den Kurven der ausgeprägten peristaltischen Wellen am distalen Magenabschnitt unterscheiden: es sind passive Bewegungen (CRAMER). Deutliche peristaltische Wellen beginnen in regelmässigen Intervallen in der Mitte der kleinen Krümmung, etwa an der Corpus-Sinus-Grenze. An der grossen Krümmung erscheint die Kontraktion oft viel tiefer. Diese Wellen gehen nicht bis zum Pyloruseingang, sondern halten sich an der proximalen Grenze des canalis egestorius. Die Peristaltik scheint sich zu erweitern, wodurch die Kontraktionen auf die proximale Pylorusbucht übertragen wird. Gleichzeitig erscheint eine Kontraktion an der distalen Pylorusbucht, die am Pyloruseingang beginnt und sich zum canalis egestorius hin ausbreitet; die beiden Kontraktionen sind konzentrisch und sehen eine Zeit lang wie ein Pseudodivertikel aus; in diesem Stadium der Kontraktion wird die

kleine Krümmung, die konvex war, geradlinig oder fast konkav. Dieser Zustand ist sehr flüchtig, die beiden Kontraktionen schliessen sich an.

Während dieser Zeit hat die folgende Welle den Magensack durchlaufen und nähert sich der proximalen Pylorusbucht, versucht von Neuem die Öffnung des *canalis egestorius*, der sich anfüllt und der Zyklus beginnt wieder. Eine peristaltische Welle dauert im Magensack 30 bis 35 sec.; die Kontraktion im *canalis egestorius* 12 bis 22 sec. Dieser Bewegungstyp ist absolut konstant. Es wurde auf allen röntgenkinematographischen Filmen angetroffen. Die Folge der motorischen Magenaktivität ist die Öffnung des Pylorus. Diese ist entweder im Augenblick der Erschlaffung oder im Augenblick der Anspannung möglich (SAUVEGRAIN).

Nach älteren kymographisch gewonnenen Ergebnissen (CRAMER) geht die Peristaltikwelle bis zum Pylorus. Dieser bleibt jedoch geschlossen. Aus dieser Tatsache, dass trotz tiefer Peristaltik keine Entleerung erfolgt, wird abgeleitet, dass ihre Aufgabe nicht die Austreibung des Chymus sein könne. Die Öffnung des Pylorus käme nach dieser Auffassung durch die allseitige Anspannung der Muskulatur, einem Höhersteigen des Mageninhalts und dadurch Erhöhung des intraventrikulären Drucks zustande. Die Ursachen für die Magenbewegungen sind im Magen selbst zu suchen. Auch der völlig entnervte und sogar isolierte Magen zeigt noch deutliche Peristaltik. Offenbar werden die Bewegungen vom Plexus myentericus Auerbach gesteuert. Jedoch haben Sympathikus und Parasympathikus einen übergeordneten hemmenden bzw. fördernden Einfluss (CRAMER). Diesbezüglich werden von dem schwedischen Radiologen LILJA neue Gedankengänge propagiert. Es handelt sich um die Beobachtung, dass die innere Schrägfaserschicht der *muscularis propria* des Magens in der Lage ist, sich getrennt von den übrigen Muskelschichten zu kontrahieren, zum anderen um die Annahme eines autonomen motorischen Zentrums für die Magenmuskulatur im Angulusbereich. Zusätzlich wird auch an eine Beeinflussung des Faltenreliefs im Corpusgebiet durch Kontraktionsvorgänge in der Schrägfaserschicht gedacht.

Als Beweis für die isolierte Kontraktionsfähigkeit der inneren Muskelschicht wird die Verkürzung des *Corpus ventriculi* bei *Ulcera* im Längsmagen angesehen. Motorische Störungen verschiedener Art im Antrum- und Sinusbereich werden als Beweis für das Vorhandensein eines motorischen Zentrums betrachtet.

Als besondere Form der Magenbewegung ist die sog. Hungerperistaltik anzusehen (ROGERS). Sie besteht aus zwei Bewegungstypen: zum einen aus einer Hyperperistaltik, zum anderen aus tonischen und zirkulären Kontraktionen des unteren Magendrittels. Dieser Magenteil ist auf der Höhe der Hungerkontraktionen geschlossen. Sie gehen mit dem typischen Hungergefühl einher.

Störungen der Magenmotorik

Kymographische Untersuchungen am Ulcusmagen haben ergeben, dass beim Magen mit Verdacht auf Geschwüre selbst in Fällen, bei denen sich die Nische aus irgendeinem Grunde dem Nachweis sonst entzieht, mit Hilfe des konstanten indirekten Symptoms der pathologisch veränderten Peristaltik die Ulcusdiagnose und seine segmentale Lokalisation ermöglicht ist. Die Peristaltik kann höher einsetzen und unmittelbar vor einem Ulcus, besonders aber hinter ihm, verstärkt erscheinen, was von BRAUCH als "Riegelsymptom" bezeichnet wird. Und gerade durch diese Belebung der Umgebung kommt der Bewegungsdefekt erst richtig zum Vorschein und deutet die Lokalisation des Ulcus noch besser an als der Defekt selbst (CRAMER, BRAUCH). Diese Beobachtungen wurden nach einer röntgenkinematographischen Untersuchung von STENZEL bestätigt.

Auch bei Tumoren des Magens finden sich Veränderungen der Motilität (WILHELM). Diese bestehen aus einer Wandstarre, die durch Elastizitätsverlust, Innervationsstörung und Muskelzerfall bedingt sein kann. Die Magenwandstarre braucht nach CRAMER nicht identisch mit der Ausdehnung der Geschwulst zu sein, da auch bereits tumorbefallene Partien noch peristaltische Wellen aufweisen können, die dann allerdings deutlich verlangsamt sind. Die Peristaltikamplitude kann an der dem Karzinom gegenüberliegenden Kurvatur erhöht sein, wenn infolge der tumorbefallenen einen Kurvatur der Dehnungsreiz an der anderen übernormale Stärke annimmt, ein Befund, der von STENZEL nicht bestätigt wird.

STENZEL, SCHAAF und WILHELM fanden, dass es beim Magen-Ca auch an den tumorfreien Abschnitten infolge Innervationsstörung zum Erliegen der Peristaltik kommt. Selbst bei starrer tumoröser Infiltration der Magenwand kann eine Fortleitung der peristaltischen Impulse in die auf gleicher Höhe und distal davon gelegenen tumorfreien Abschnitte ungestört erfolgen, wobei die Impulse entweder um den Tumor herumziehen oder

noch durch ihn hindurch weitergeleitet werden können. Durch die peristaltischen Bewegungen der Umgebung kann der Tumor selbst passiv mitbewegt werden, wodurch peristaltische Vorgänge am Tumorsitz vorgetäuscht werden. Man sieht daraus, wie vorsichtig die Beurteilung eines Magentumors auf Grund der bewegungsfunktionalen Phänomene zu erfolgen hat.

Die als Antrumspasmus bezeichnete Dyskinesie des Antrums ist durch eine ausbleibende Entfaltung dieses Magenabschnitts charakterisiert. Die Magenmuskulatur verbleibt im Zustand maximaler Kontraktion und vermag das Bild einer Pylorushypertrophie vorzutäuschen. Röntgenkinematographisch gelingt es bei der Analyse der Peristaltik eine Differenzierung zu treffen zwischen den am Pylorus durch die organische Stenose aufgehaltenen Peristaltikwellen - bei erhaltener Antrumbewegung - und dem starr kontrahierten praepylorischen Magenabschnitt beim Antrumspasmus (SAUVEGRAIN).

Das Bewegungsbild des Magens bei einer Gastritis weicht nach DAHM erheblich von dem normalen Ablauf ab. Die durch die entzündliche Reaktion grobgewulsteten Schleimhautfalten sind starr und werden bei der Peristaltik nur in toto mitbewegt. Diese relative Unbeweglichkeit der Falten, sowie das Fehlen der harmonischen Eingliederung in die peristaltischen Wellen ist typisch für diese Erkrankung. Bei chronischer Gastritis wurde von CRAMER ein peristaltischer Stillstand an der kleinen Kurvatur bei gleichzeitig stark gehemmter Peristaltik an der grossen Kurvatur beobachtet.

Bei der Pylorusstenose finden sich ebenfalls charakteristische Besonderheiten der Peristaltik (DAHM): Man findet eine Vertiefung der Wellen und Verlangsamung des peristaltischen Ablaufs. Dieser beginnt sehr hoch, wobei viele Wellen gleichzeitig erscheinen.

Dünndarm

Röntgenkinematographisch wurden zwei Normaltypen der Dünndarmbewegung gesehen: Pendelbewegungen und Peristaltik. Erstere ist eine nicht fördernde isolierte Kontraktion irgendeines Dünndarmsegments, welche die Bariumkontrastmahlzeit sowohl nach distal als auch nach proximal treibt (JORGENS). Sie entsteht (LENZ) infolge erhöhter Erreg-

barkeit der Muskulatur nach peristaltischer Entleerung des Darms, wenn durch zu geringe Füllung des Darms kein wirksamer Füllungsdruck mehr entsteht, der zur Auslösung der peristaltischen Wellen geführt hatte. Typische Pendelbewegungen wurden von JORGENS bereits im Duodenum nachgewiesen. Im Ileum wurden sie bisher nicht beobachtet, einmal, weil die Längsmuskulatur in den oberen Dünndarmabschnitten kräftiger ist als im Ileum und ausserdem im Jejunum wegen der diskontinuierlichen Magenentleerung noch keine kontinuierliche Füllung besteht.

Die Pendelbewegungen verlaufen folgendermassen: in der ersten Phase kommt es in dem erregten Darmstück zu segmentierenden Kontraktionen der Längs- und Ringmuskulatur, deren Schichten im bindegewebigen Wandskelett gegenseitig verspannt sind. Durch magenwärts von der Ringmuskelseinschränkung auftretende Längsmuskelkontraktion wird der Darm gerafft. Durch Erschlaffung der Muskulatur kommt es in der zweiten Phase zur Wiederausdehnung des Darms in Längs- und Querrichtung.

Während der dritten Phase entstehen die Längs- und Ringkontraktionen dicht oralwärts von den vorausgegangenen der ersten Phase wegen der in dieser Richtung erfolgten Längsausdehnung. Dieser rhythmische alle 5 bis 6 Sekunden zu Beginn der Magenentleerung zu beobachtende Vorgang läuft gleichzeitig auch in den benachbarten Darmsegmenten ab.

Die Dünndarmperistaltik besteht in einer koordinierten Serie von Kontraktionen mit dem Ziel des Transports in distaler Richtung. Sie beginnt im allgemeinen in Bulbusmitte und ist unabhängig von der Magenperistaltik, die sich jedoch auch in das Duodenum fortsetzen kann. Ist der Bulbus narbig, so muss allerdings die Antrumperistaltik den Inhalt durch den Bulbus hindurchtreiben. Häufig wird ein Bariumreflux aus den distalen Abschnitten des absteigenden Duodenums in den Bulbus gesehen. Er wird durch Retroperistaltik verursacht (JORGENS). Es können auch Stockungen während der Breipassage vorkommen. Sie werden auf die anatomische Fixation der Duodenalschleife zurückgeführt. Diese setzt dem Breittransport Hindernisse entgegen, die die Kraft der peristaltischen Welle vermindern. So können z.B. Nachbarorgane das Lumen des Duodenums durch Kompressionen einengen, ohne dass es die Möglichkeit des Ausweichens hat. Solche Hindernisse können stärker sein als die Kraft der peristaltischen Welle (COLLARD).

Das Wesen der Peristaltik besteht aus dem Ineinandergreifen von Tonusänderungen, Ring- und Längsmuskulaturkontraktionen zu einer gerichteten

ten, den Darminhalt weiterbefördernden Bewegung. Sie kommt rein druckmechanisch zustande: die Ringmuskulatur wird erregt durch die Dehnung während der Füllung, die Längsmuskulatur durch die Dehnung bei der vorwiegend isometrischen Kontraktion der gedehnten Muskelringe gegen den Widerstand der undehnbaren Bindegewebssepten. Beide Muskelschichten kontrahieren sich maximal (LENZ).

Längs- und Ringmuskulatur können sich am gleichen Ort niemals gleichzeitig kontrahieren, sondern nur alternierend. Eine Erweiterung des Dünndarms erfolgt nicht durch Erregungshemmung bzw. Muskeler schlaffung, sondern durch Kontraktion der Längsmuskelschicht. Die polare Anordnung der Bindegewebs schichten sorgt dafür, dass die peristaltische Welle analwärts gerichtet ist (LENZ).

Zu Beginn einer peristaltischen Bewegung nimmt der sich vor einer Wandkonstriktion ansammelnde Darminhalt Spindelform an und wird proximal abgeschnürt. Dann wird der Kontrastbauch durch eine zirkuläre Tonusvermehrung zu einem länglichen Schattenbild geformt. Die distale Einschnürung löst sich früher als die proximale, so dass der Darminhalt in zoekaler Richtung verschoben wird und nur ein geringer Reflux stattfindet. Nun tritt an der Stelle, an welcher der Darm durch seinen Inhalt am stärksten gedehnt wurde, eine maximal durchschnürende, kontinuierlich fortschreitende Kontraktionswelle auf, die den Kontrastbrei in analer Richtung vor sich hertreibt.

Längs- und Ringmuskelkontraktionen in benachbarten Segmenten erfolgen gleichzeitig. Räumlich gesehen eilt die Längsmuskelkontraktion der Ringmuskelkontraktion voraus. Das Tempo der beiden ist gleich (LENZ).

Die Bewegungen des kranken Dünndarms

Auf Grund röntgenkinematographischer Aufnahmen weist LENZ darauf hin, dass am kranken Dünndarm Tonusstörungen ohne gleichzeitige Bewegungsstörungen gar nicht denkbar sind und dass jeder Motilitätsstörung immer eine Tonusstörung zugrunde liegt. Nach Prüfung pharmakodynamischer Wirkstoffe kommt er zu dem Ergebnis, dass der Tonus den Füllungszustand des Dünndarms beherrscht. Diese Ergebnisse stimmen nur in begrenztem Umfang mit denen von WELTZ überein, der von röntgenologischer Seite bereits 1937 die Beziehungen zwischen Tonus, Bewegungen und Füllungszustand untersuchte. WELTZ fand unter anderem,

dass Tonus- und Bewegungsstörungen voneinander zu trennen sind und dass Bewegungsstörungen sowohl in Verbindung mit einem fehlerhaften Tonus als auch bei normalem Tonus auftreten können.

Bei Obstruktionen des Duodenums herrscht in den distalen Abschnitten heftige Peristaltik. Der Duodenalinhalt unduliert während 20 bis 30 Minuten auf und ab, ehe er in das Jejunum übertritt. Er wird durch peristaltische Wellen gegen den Sitz der Hindernisse getrieben, dann sistiert die Peristaltik plötzlich und der Inhalt fliesst einfach zurück. Während man beim normalen Duodenum etwa alle 10 sec. eine Kontraktion beobachtet, finden sich bei Obstruktion in der gleichen Zeit bis zu vier Kontraktionen (DE FINE LICHT).

Schon älteren Autoren war eine gesteigerte Motilität des Dünndarms bei Neuropathen bekannt. Auch weiss man, dass psychische Erregungen zu einem beschleunigten Dünndarmtransport führen (WANJURA).

Hypermotilität aber auch Hypomotilität finden sich besonders bei Lebercirrhose mit akut auftretendem Aszites und bei endokrinen Störungen (Diarrhoe bei M. Basedow mit ungeklärter Genese.)

Bei chronischer Enteritis fanden sich weitere Bewegungsformen:

1. Peristaltische Rollbewegung;
2. Mischperistaltik im Ileum mit raschem Wechsel von fortschreitenden und rückläufigen Peristolen;
3. Peristaltische Tonusschwankungen, die besonders bei starker Gas- und Sekretbildung des Darmes auftreten und den Darminhalt spritzartig weiterbefördern.

Bei regionär sklerosierender Enteritis ist die Dehnungsfähigkeit der Darmwand aufgehoben. In dem vor der Stenose gelegenen Darmabschnitt herrscht kräftige Stenosenperistaltik (TIEMANN).

Bei der hypermotorisch-dystonischen Form der Enteritis werden segmentäre spastische Einschnürungen beobachtet (LENZ), die von verschiedenen Autoren als "Streckenkontraktionen" bezeichnet werden. Diese sind Ringmuskelnkontraktionen, die einen geordneten Bewegungsablauf unmöglich machen. Eine Schaukelbewegung des Darminhalts ist die Folge.

Für das röntgenologische Syndrom der funktionellen Dünndarminsuffizienz gelten was die Motorik betrifft folgende Charakteristika: einem hypermotilen Reizzustand des Jejunum zu Beginn der Dünndarmfüllung folgt in den tiefer gelegenen Dünndarmabschnitten, bei auffallender Bewegungs-

armut, ein mehr oder weniger schnell einsetzender Passagestoss. Die Bewegungen sistieren fast vollständig. Eine erhebliche Verlängerung der Gesamttransportzeit (Entleerungszeit) ist die Folge.

Motilitätsuntersuchungen bei Dünndarmtumoren sind nur anhand einer Studie von SINKO aufzuweisen. Er fand bei primären Duodenaltumoren, dass die peristaltischen Wellen völlig fehlten und Pendelbewegungen vorherrschten.

Dickdarm

Der Übertritt von Darminhalt aus dem Ileum ins Coecum erfolgt diskontinuierlich auf Grund einer peristaltischen Bewegungswelle (GLAESER).

Zwar bietet sich bei der Durchleuchtung das Bild eines fast unbewegten Dickdarms, jedoch haben kymographische Aufnahmen die Fülle und Vehemenz der Bewegungen deutlich gemacht. Vorherrschende Bewegungsart ist die Peristaltik. Ausser der grossen Holzknecht-Bewegung fand WELTZ als charakteristische, grössere Darmabschnitte erfassende Bewegungen:

1. Coecumpolhebung;
2. Steifung des Transversums;
3. Ziehharmonikabewegung.

Diese drei Formen umfassen grössere Darmabschnitte und stehen meist in direkter Abhängigkeit zueinander. Sie werden als Transport- oder Grossperistaltik bezeichnet. Ausserdem wurden noch Bewegungen der einzelnen Haustren beobachtet, die als Klein- oder Grundperistaltik betrachtet werden.

Die Transportbewegungen:

Die grosse Holzknechtbewegung tritt selten und nicht periodisch auf. Nach Holzknecht ist sie dreimal in 24 Stunden anzutreffen, nach Untersuchungen von BRUCKMAYER etwa 1,5 mal. Es ist eine langsame, fortlaufende Bewegung, die vor allem im aboralen Darmabschnitt anzutreffen ist (STOLZE).

Die Coecumpolhebung wird im Augenblick des Übertritts von Darminhalt aus dem Dünndarm in das Coecum eingeleitet (GLAESER). Zunächst erfolgt eine allmähliche Hebung bzw. "Steifung" des Colon transversum, die als obligatorische Vorbereitungsphase für die dann anschliessende

Hebung des Coecumpols angesehen wird. Die Hebung des Transversums geht ihrerseits mit einer charakteristischen Haustrenverschiebung einher; es beginnt die erste Phase einer Ziehharmonikabewegung, bei der die Haustren zentrifugierend auseinanderstreben, wobei das Zentrum der Bewegung von den meist nur am Orte angehobenen mittleren Haustren des Transversums gebildet wird. Unabhängig von ihrer fallweise verschieden starken Ausprägung erfolgt die Bewegung in dem Sinne, dass mehr Haustren in der Gegend der Flexuren versammelt werden. In diesem Moment setzt die Hebung des Coecumpols ein, während unter weiter fortschreitender Steifung des Quercolons die Haustrenbewegung umschlägt; die anfangs an der rechten Flexur versammelten Haustren kehren jetzt wieder zurück und schliessen sich damit der aboral gerichteten Bewegung der übrigen Haustren an.

Damit wird aber auch schon die Erschlaffungsphase eingeleitet, in deren Verlauf sich Coecum und Colon transversum gleichzeitig senken. Die Haustren bewegen sich in dieser Phase "zentripetal" wieder nach der Mitte zusammen, wobei der Ausgangszustand wieder erreicht ist. Durchschnittlich erfolgt eine Coecumpolhebung alle 3 bis 4 Minuten.

Der Transport findet unter physiologischen Bedingungen aktiv nur aboralwärts statt. Im Ascendens konnte jedoch eine Antiperistaltik beobachtet werden (BRUCKMAYER), die nach der rechten Flexur hin zunimmt. Bei gesteigerter Darmtätigkeit bewegt dieser Retrotransport Teile des Inhalts wieder bis ins Coecum hinein. Auch im Transversum findet sich ein partieller Rücktransport. Die Ziehharmonikabewegung ist nicht nur als konstanter Bewegungsausdruck eines bestimmten Colonabschnitts aufzufassen, wie die Coecumpolhebung oder die Transversumsteifung, sondern ebenso als Teilbewegung der Transversumsteifung zu beobachten. Sie ist ausser im Transversum im Descendens und in einigen Fällen im Ascendens anzutreffen.

Die Klein- und Grundperistaltik bezieht sich auf die Haustreneinzelbewegungen. Sie sind zwischen zwei peristaltischen Wellen nicht ausgeschaltet, sondern laufen als eine Art Grundperistaltik kontinuierlich, jedoch unkoordiniert weiter. Erst beim Einsetzen der Transportbewegungen wird sie zum Teil in den Ablauf eingebaut, zum Teil von ihr überlagert.

Man findet ausser vollständigen Einzelkontraktionen auch Teilkontraktionen, also selbständige Bewegungseffekte einzelner Haustrentaschen.

Ein weiterer aktiver Bewegungsausdruck der Haustren ist die Haustrenteilung. Sie beginnt peripher zunächst mit der Einschnürung der Haustrentasche, bis etwa zu einem Viertel des Gesamtdurchmessers. Erst dann setzen auch die übrigen Haustrentaschen mit der Teilung ein, die jetzt ruckartig abläuft.

Motor dieser Bewegungsabläufe ist bis zum Ende des proximalen Colons (Boehm'scher Punkt) der N. Vagus, wie BOEHM 1912 in seinen anatomisch-physiologischen Beobachtungen nachweisen konnte. BOEHM fand bei Reizung des N. Vagus am Katzendarm eine Verstärkung der kleinen Colonbewegungen, tonische Kontraktionen und Verstärkung der Antiperistaltik.

Die sog. spastische Obstipation ist nach BOEHM als Vermehrung des Vagotonus aufzufassen, die eine Steigerung vorgenannter Bewegungsformen auslöst.

Sehr verschieden sind die Motilitätsverhältnisse im Rectum und Sigma (CONNEL). Es fanden sich im Rectum häufig Wellen von 4 bis 8 Minuten Dauer, die im Sigma völlig fehlten. Interessant ist, dass bei Diarrhoe die motorische Aktivität meist vermindert ist, während bei der Obstipation eine normale oder verstärkte Aktivität vorliegt.

Eine Sonderstellung nimmt die Appendix im motorischen Ablauf des Dickdarms ein. Auf Grund einer Eigenperistaltik (PRESSLER) erfolgt eine Füllung aktiv unter periodisch ablaufenden Wellen, wobei zwischen Appendix und benachbarter Coecalwand eine Funktionseinheit besteht.

Nach LISCHI ist eine Trennung der Dickdarmerkrankungen nach ihrem motorischen Verhalten nicht möglich. Bei den meisten entzündlichen und funktionellen Veränderungen fanden sich Motilitätsstörungen in Form von Dyskinesien.

Gallenblase, Gallenwege

Untersuchungen mit dem Kinematographen ergeben, dass die Motilität der Gallenblase einerseits abhängt von dem durch die Dünndarmschleimhaut ausgeschiedenen Cholecystokinin, andererseits von der Zeit, während der die Reizmahlzeit die Dünndarmschleimhaut benetzt und dadurch zur Sezernierung des Cholecystokinins führt (SCHIAU).

Die kontrastgefüllte Gallenblase kontrahiert sich zunächst hochgradig (DÜX). Sodann beginnt sie sich in kurzen Intervallen rhythmisch zu ent-

leeren, wobei zeitweise rückläufige Kontrastmittelfüllung des Ductus hepaticus beobachtet wird. Eine passive, fermentunabhängige Entleerungsfunktion (Sogmechanismus) konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei Erkrankungen der Gallenblase ist ihre Kontraktilität vermindert (DUNCAN). Zylinderförmige Kontraktionen mit Abhebungen vom Leberbett wurden beim Kolikanfall beobachtet (EICHELTHER).

Beim Studium der Bewegungsvorgänge der Gallenwege lassen sich drei Formen unterscheiden (CAROLI):

1. Pylorusähnlicher Typ mit Kugelbildung in der Ampulle, wellenförmiger Fortsetzung der Bewegung und schliesslichem Ausstoss. Dieser Typ ist jedoch äusserst selten.
2. Eine globale Kontraktion des Gebietes mit parallelen Rändern, wobei sich der äussere und der innere Rand der Sphincterpartie nähern und der Gang sehr schmal und exzentrisch gelagert wird.
3. Ein antiperistaltischer Typ, der durch antiperistaltische Bewegung der Duodenalmuskulatur ausgelöst wird und zu einem Amputationsbild des gesamten Gebietes führt. Dies ist die häufigste Bewegungsform.

Das Sphincterspiel ist zu einer selbständigen Tätigkeit befähigt, kann aber auch durch eine am Sphincter Oddi vorbeilaufende peristaltische Welle ausgelöst werden. Die Dauer der Öffnungs- und Verschlussperiode wird mit 3 Minuten angegeben.

Bewegungen in Form von peristaltischen Wellen waren am Ductus choledochus nicht nachzuweisen (JACOBSON).

2) Urogenitaltraktus

Harntrakt

Zwei Bewegungstypen werden bei den harnableitenden Wegen unterschieden:

1. Die mitgeteilte Pulsation, die durch Atmung, Hustenstösse und vor allem Gefässpulsation bedingt ist. Sie äusserst sich in der Art einer cranio-caudalen Pendelbewegung (BARILLA, LEMKE).
2. Die Eigenbewegung
Der Abfluss des Harns aus dem Nierenbecken ist eine aktive Leistung, die keineswegs der Gravitation oder der Einwirkung einer vis a tergo

unterliegt. Aus dem beinahe horizontalen Verlauf der Harnleiter bei Vierfüsslern geht hervor, dass der hydrostatische Druck keine wirksame Kraft sein kann. Die Bewegungen der Nierenhohlräume weisen einen zwar individuellen und für beide Seiten verschiedenen, aber doch unwandelbaren Rhythmus auf, der sich mit dem Herzrhythmus vergleichen lässt (NOIX). Nach DÜX ist die Form des Nierenbeckens bestimmend für die Art des Entleerungsvorgangs. Das ampulläre Nierenbecken hat ein grösseres Fassungsvermögen als das dentritische. Es entleert sich seltener und nie ganz vollständig. Der adaequate Reiz für den Entleerungsvorgang ist der Füllungsdruck.

Das Nierenbecken entleert sich in Bruchteilen von Sekunden bis zur Zeitdauer von 2 Sekunden. Die Bewegungen sind im Stehen beschleunigt (MITSUNGA).

Nach Untersuchungen vieler Autoren (MAINTZ, STUMPF, BARILLA, MISUNGA, SUYAMA) handelt es sich um peristaltische Kontraktionen, die von der Kelchfornix bis zur unteren Ureterhälfte verlaufen. Diese Bewegungen kehren periodisch wieder. Ihre Dauer ist vom Ureterinhalt abhängig.

In der dazwischenliegenden Phase wird eine schnelle, aber unvollständige Peristaltik in den Kelchen beobachtet, die den Kelchinhalt in das erweiterte Becken zu entleeren scheint. Studien von DÜX und CATEL stellen die peristaltischen Bewegungen in Frage. Sie beobachteten lediglich Tonusänderungen:

Es zeigte sich, dass die Bewegungsvorgänge, die zur Austreibung der Harnflüssigkeit aus dem Nierenbecken in den Ureter führen, keineswegs nach einem einfachen und einheitlichen Prinzip vor sich gehen.

Nach CATEL kann die Motorik des Nierenbeckens und seiner Äste, die die Beförderung des Harns in den Ureter bewirkt, in drei Formen eingeteilt werden:

- a) Die Form, bei der Nierenkelche und Nierenbecken weit sind.
Der Harn fliesst gleichmässig durch den offenen Ureterabgang in den Harnleiter. An den Kelchschalen und Kelchstielen lassen sich durch Zunahme des Tonus in sehr kurzen Intervallen pendelnde Bewegungen nachweisen, die einem Wechsel von Systole und Diastole vergleichbar sind. Sie unterstützen den glomerulären Filtrationsdruck aus den Ductus papillares. Zuweilen betei-

ligt sich auch das Nierenbecken an der systolischen Phase der Kelche.

- b) Die oberen Kelchsysteme sind an ihrer Einmündungsstelle in das Nierenbecken segmentär verschlossen. Der Harn wird dadurch in den Ureter gepresst, dass sich Becken durch Tonuszunahme konzentrisch zusammenzieht.
 - c) Bei dieser Form kontrahiert sich meist ein Kelchsystem und gibt seinen Inhalt über das Nierenbecken in den Ureter, die beiden anderen Kelchsysteme sind gegen das Becken abgeschlossen; sie können jedoch auch weit geöffnet sein. Die Tonuszunahme erfasst im allgemeinen nur den Kelchstiel, der durch Kontraktion seines Disse'schen Muskels den Inhalt nicht retrograd in die Kelchschale oder die Ductus papillares entleeren kann.
- Oft zeigen die beiden oberen Kelchsysteme einen anderen Funktionszustand als das untere. Ist dieses kontrahiert, so sind die beiden anderen erschlafft und umgekehrt. Zuweilen wird aber auch eine synchrone Verhaltensweise aller drei Kelchsysteme beobachtet.

Von diesen drei Entleerungsformen ist erstere die häufigste, der Harn fließt kontinuierlich in den Ureter ab: die Förderleistung ist geringer als bei der zweiten und dritten Form, wo durch periodische Beförderung des Harns in den Ureter mehr Flüssigkeit abtransportiert wird. Auch ein Reflux des Harns vom Nierenbecken in die Kelchsysteme wurde zuweilen beobachtet. Hierbei kontrahierte sich das Nierenbecken fast bis zum vollständigen Verschluss, während die Abgangsstellen zum Ureter und zu den Kelchen, mit Ausnahme zum unteren, in den der Harn rückläufig entleert wurde, verschlossen waren. Nach BECKER und POLLACK ist dieser Rückfluss ein Bestandteil der normalen motorischen Aktivität der oberen Harnwege. Der Beginn dieser Aktivität wird nach verschiedenen Autoren einem Schrittmacher zugeschrieben, der in der oberen Kelchgruppe lokalisiert sein soll. Nach Resektion dieser Kelchgruppe erfolgen Kontraktion und Entleerung des Nierenbeckens langsamer (COSMA). Ein unterer Kelch übernimmt dessen Schrittmacherfunktion. Wird dagegen die untere Kelchgruppe entfernt, so sind Kontraktion und Entleerung verstärkt, gleichsam als wäre ein Antagonist der Bewegung entfernt worden.

Die kontinuierliche Entleerung des Harns aus den Kelchen ins Nierenbecken wurde von STIEVE in ihrem zeitlichen Ablauf exakt untersucht.

Die sowohl mit Fernsehdurchleuchtung mit Bildbandaufzeichnung als auch mit Bildverstärker-Kinematographie erreichten Ergebnisse zeigen das Kelchsystem während einer vier Sekunden andauernden Füllungsphase. Dieser folgt eine Kontraktionsphase von drei Sekunden nach welcher der Urin ins Nierenbecken entleert wird.

Nach einer zehn bis fünfzehn Sekunden anhaltenden Diastole wird der Urin während der nun drei Sekunden dauernden Systole teils in den Ureter getrieben, teils wieder in das Kelchsystem zurückgepresst. Während der Kontraktionsphase der Kelche erweitert sich das Nierenbecken und kontrahiert sich im Anschluss daran, wobei es zu einer Erweiterung des distalen Beckenanteils kommt. Bei der nun folgenden Kontraktion des Harnleiters weiten sich Becken und Kelchsystem.

Die Frequenz der peristaltischen Wellen am normalen Nierenbecken ist unregelmässig.

Im Ureter wird der Harn durch peristaltische Kontraktionen ohne Unterbrechung in die Harnblase befördert (BROD). Sie beginnen am oberen Teil des Harnleiters. Eine neue Welle entsteht erst dann, wenn die vorangehende die Harnblase erreicht hat. Was die Frequenz der peristaltischen Wellen betrifft, so wird auch hier ein Schrittmacher angenommen, der sich im obersten Ureterabschnitt befinden soll. Nach Anaesthetie oder Durchtrennung der diesen Abschnitt versorgenden Nerven werden die peristaltischen Wellen unregelmässig; sie gelangen nicht bis zur Harnblase. Schliesslich erschlafft der ganze Harnleiter.

Möglicherweise gibt es noch eine zweite Stelle, von der Impulse für peristaltische Wellen ausgehen. Sie wird im juxtavesikulären Harnleiterabschnitt vermutet. Jedoch verlaufen die von hier aus hervorgerufenen Kontraktionen antiperistaltisch, was bei pathologischen Verhältnissen zu einem Transport infizierten Harns aus der Blase in das Nierenbecken führen kann.

Im Allgemeinen verhindert der subpelvische Schrittmacher den Einfluss des juxtaglomerulären. Dieser überwiegt jedoch manchmal bei sehr niedriger Frequenz der normalen Peristaltik, so dass einige an-

tiperistaltische Wellen eingeschoben werden.

Bei Erhöhung der Diurese ändert sich die Tätigkeit des Harnleiters nicht immer gleich. In der Regel erhöht sich aber die Frequenz der peristaltischen Wellen.

Bewegungen des erkrankten Nierenhohlsystems

Bei Entzündungen der Nierenkelche sind die befallenen Teile unbeweglich, während die nicht befallenen Teile Bewegung aufweisen (TRUCHOT und NOIX; STIEVE).

Es ist also zu unterscheiden zwischen peristaltischer Entleerung der Kelche (gesundes Nierenbecken) und Entleerung ohne Peristaltik (entzündlich verändertes Hohlssystem). Der Urin wird demzufolge bei Entzündung ausschliesslich durch den Sekretionsdruck in den Harnleiter abgeführt.

Nach STIEVE zeigen sich je nach Form der Entzündung Spielarten von der gehemmten bis gänzlich fehlenden Peristaltik mit teilweise aktivem bis inaktivem Bewegungsablauf.

Zusammengefasst ist nach STIEVE der Bewegungsablauf bei akuter bis subakuter Glomerulophritis nicht beeinträchtigt, wohl aber bei der chronischen Form. Bei akuter und subakuter Pyelonephritis ist die Motilität deutlich gehemmt bzw. verlangsamt, bei der chronischen Form sogar stark verlangsamt bis aufgehoben. Bei pyelonephritischer Schrumpfniere findet sich keine Bewegung mehr. Auch im übrigen Harntrakt kommt die Bewegung zum Stehen; der Ureter zeigt Abweichungen bzw. Aufhebung der Peristaltik entsprechend dem Krankheitsbild.

Im Gegensatz dazu wird bei Nierentuberkulose die Motorik der gesamten Harnwege lebhafter (FINKELSTEIN und ZALCMAN). Die Kontraktionen erfolgen in Abständen von 5 bis 15 Sekunden, die in einer Geschwindigkeit von 16 bis 25 mm/sek. ablaufen. Insbesondere ist auch der Umfang der diastolischen Erweiterung grösser als beim physiologischen Ablauf.

Die Bewegungen von Nierenbecken und Harnleiter bei Steinleiden bieten oft ein vielgestaltiges Bild auf deren ganzer Länge. Ist die motorische Funktion aufrechterhalten, so ist dies als prognostisch günstiges Zeichen zu werten (FINKELSTEIN), da nach operativer oder konservativer Therapie eine Wiederherstellung der normalen Verhältnisse zu erwarten ist. Geht ein Stein in den Ureter, so bildet sich in gleicher Höhe eine Strik-

tur (ZALCMAN), die wohl auf den hypertonen Zustand des befallenen Segments zurückzuführen ist. Zunächst besteht noch eine gewisse Eigenbewegung des Ureters im Sinne von feinen peristaltikartigen Kontraktionen mit dem Ziel der Austreibung des Hindernisses. Bei längerem Verschluss dilatieren Nierenbecken und Ureter, die Motorik erlöscht, es resultiert schliesslich eine Hydronephrose.

Ureter und Tuben

Diese Organe sind von sehr geringer Beweglichkeit. Kinematographische Aufnahmen des kontrastmittelgefüllten Uterus lassen zwei Arten von Bewegungen erkennen (PROUX): In einigen Fällen langsame und schwache Einziehungen im Bereich der Seitenwände und des Fundus. Sie sind nicht immer vorhanden und schwer erkennbar. Im Gegensatz dazu sind die Kontraktionen, die die Tubenpassage bewirken, gut sichtbar. Es handelt sich um aktive Kontraktionen, die zum Durchtritt des Kontrastmittels führen und 3 bis 6 mal in der Sekunde auftreten. Die Tubenpassage ist vom Tonus der Tuben abhängig. In hypotonen Tuben fliesst das Kontrastmittel in ununterbrochenem Strom bis zur Ampulle. Bei einer Tube von normalem Tonus passiert der Kontrastmitteltropfen den Isthmus in kleinen Intervallen von Sekundenbruchteilen. Bei hypertonen Tuben scheint eine ganze Reihe von Pseudosphincteren bis zur Einmündung des Isthmus in die Ampulle zu bestehen. Vor jedem neuen Sphincter sammelt sich das Kontrastmittel zu einem voluminösen Fleck, bevor er den Sphincter überwindet und von einer neuen Tubenkontraktion zurückgehalten wird. Die von Gynaekologen oft bezweifelte Tubenperistaltik ist ohne weiteres darzustellen. Der Übertritt in die Peritonealhöhlen zeigt sich in Form von Kontrastkugeln, die sich längs der Darmschlingen ausbreiten oder in Form von Kontrastkugeln, die durch die Atembewegungen verteilt werden (ANN. RADIOL., PARIS).

Hyperelastische und hypertone Zustände des Uterus sind klinisch durch Sterilität gekennzeichnet, da die Nidation des Eies gestört ist. Es fanden sich ausserdem ektopische Graviditäten und Dysmenorrhöen (PETIT-DUTAILLES). Verminderte Beweglichkeit des Uterus wird bei solchen Frauen beobachtet, die allgemein durch schlaffe Muskulatur, epigastrische Beschwerden, Rückenschmerzen und Obstipation charakterisiert sind.

Hysterographische Untersuchungen am schwangeren Uterus in der 7. bis 25. Schwangerschaftswoche vor der gesetzlich erlaubten Interruptio graviditatis unterscheiden zwischen Corpus- und Cervixkontraktionen und -erschaffungen (KAZDA).

Die Cervixkontraktionen können entweder gemeinsam mit der Corpuskontraktion auftreten oder isoliert.

Die Corpuserschlaffung zeigt verschiedene Varianten: entweder erschlafft nur das Corpus oder es kommt dabei gleichzeitig zum Engerwerden an der Cervix; oder der ganze Uterus erschlafft vollkommen.

Die Cervixerschaffung zeigt sich durch Verbreiterung des Cervixschattens.

Diese Ergebnisse kamen unter Beteiligung von uterokinetischen Medikamenten zustande (Oxytocin, Methylergometrin etc.). Es bleibt die Frage offen, ob die motorischen Veränderungen, die das Medikament hervorruft, sich von den spontanen Vorgängen im Organismus unterscheidet.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Bewegungsgeschehen der Organe des menschlichen Organismus. Es wurden vorwiegend die physiologischen Bewegungsabläufe erwähnt, sei es, weil sie einerseits zum Teil nicht befriedigend untersucht und somit schwer reproduzierbar sind, andererseits, weil die Mannigfaltigkeit der beim Krankheitsgeschehen entstehenden Bewegungsformen den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde.

Die Ergebnisse wurden aus dem radiologischen Schrifttum der letzten 30 Jahre zusammengestellt.

Das Bewegungsgeschehen der menschlichen Organe ist zum grössten Teil einem rhythmischen Ablauf unterworfen.

Die Bewegungen des meist bewegten Organs, des Herzens, deren Ausmass nur durch die Randbewegungen und die Formänderung der Herzsilhouette dargestellt wird, äussern sich in Lateral- und Medialbewegungen einerseits, andererseits in Caudal- und Cranialbewegungen von Herzbasis- und -spitze. Die Motilitätsverhältnisse der Herzbinnenräume, die ja klinisch von grösstem Interesse wären, entziehen sich verständlicherweise exakten Untersuchungen. Auch was das pathologisch veränderte Herz betrifft, bietet der Faktor "Bewegung" sicherlich Anlass zu zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen. Das gleiche gilt für die Bewegungsformen der arteriellen und venösen Gefässe.

Die vorherrschende Bewegungsart des Magen-, Darm- und Harntraktes ist die Eigenbewegung in Form der peristaltischen Welle.

Sie wird am Oesophagus durch den Schluckakt ausgelöst. Auch autonome Peristaltik und Bewegungen, die von der Gefäss- und Herzpulsation induziert werden, finden sich im Speiseröhrenbereich. Der Einfluss der Atmung wirkt derart, dass man von einer epiphrenischen Hemmung und subphrenischen Förderung auf die Bewegung bei Inspiration sprechen kann.

Beim Magen stehen die Eigenbewegungen im Vordergrund. Sie haben einerseits die Öffnung des Pylorus, andererseits die Durchmischung des Speisebreis zum Zweck.

Am Dünndarm sieht man Peristaltik und Pendelbewegung. Die Peristaltik beginnt im *Bulbus duodeni*. Pendelbewegungen werden nicht in allen Abschnitten des Dünndarms beobachtet; sie setzen erst im Anschluss an die unter Peristaltik erfolgte Entleerung des Dünndarms ein.

Die Peristaltik ist auch im Bereich des Dickdarms vorherrschend. Es ist zu unterscheiden zwischen der Transport- oder Grossperistaltik, bestehend aus der sehr seltenen Holzknecht'schen Bewegung, die etwa dreimal in 24 Stunden beobachtet wird, der Coecumpolhebung, der Steifung des Transversums, den ziehharmonika-ähnlichen Bewegungen und der Grund- oder Kleinperistaltik, die ihrerseits in die grossperistaltischen Bewegungen eingebaut ist und aus Haustreneinzelbewegungen besteht.

Die vom Cholezystokinin abhängigen Bewegungen der abführenden Gallenwege sind beschrieben als peristaltische Bewegungen, als globale Kontraktionen und als Bewegungen vom antiperistaltischen Typ, wobei letztere die am häufigsten vorkommenden sein sollen.

Die Motilität der Harnwege, speziell des Ureters, äussern sich einerseits in pendelförmigen atmungs- und gefässpulsationsabhängigen Mitbewegungen, andererseits in Bewegungen, die von manchen Autoren (den meisten) als peristaltische Wellen, von anderen als tonusabhängige Pendelbewegung aufgefasst werden.

Uterus und Tuben sind von geringer Beweglichkeit. Sie haben keine aktiven Kontraktionen und werden wahrscheinlich durch kinetische Substanzen stimuliert.

Die Möglichkeit der Bewegungsregistrierung umfasst vier bevorzugte Methoden:

- 1) Die Durchleuchtung. Sie dient zur schnellen Übersicht vor allem der Herz-Lungenverhältnisse und einer relativ raschen Orientierung im Magen-Darm-Bereich.
Exakte Ergebnisse über Bewegungsverhältnisse kann dieses Verfahren nicht bieten.
- 2) Die Kinematographie, ein immer noch aktuelles Verfahren, wie Berichte in der Fachpresse beweisen, wie z.B. die Uro-Kinematographie, die praeoperativ von hohem Nutzen sein kann.

- 3) Die Kymographie, eine von Pl. Stumpf zur Vollkommenheit entwickelte Methode, die eine objektive Beurteilung der Bewegungsverhältnisse vorwiegend des Herz- und Gefässrandes ermöglicht und damit über Herzfüllung, Höhe des Schlagvolumens, Kontraktionsform und -fähigkeit Aufschluss geben kann.
- 4) Die Magnetbandspeicherung, ein Verfahren von grösster praktischer Bedeutung, weil einerseits schonend für den Patienten, andererseits durch schnelle Wiedergabemöglichkeit für den Röntgenologen zeitsparend und von unbegrenzter Wiedergabemöglichkeit.

Dies ist auch insofern von Bedeutung, als die Psychophysiologie des Bewegungs-Sehens komplizierter Natur ist. Das menschliche Gehirn kann nur einen Bruchteil der von der Retina weitergegebenen Informationen verwerten. So gesehen ist die Reproduzierbarkeit der diffizilen Bewegungsvorgänge von entscheidender Bedeutung.

SCHRIFTTUM

- 1
Annal. Radiol. (Paris) 4: 199-210, 1961
- 2 ANREP G.V.; DAVIS J.C. und VOLHARD E.:
Koronardurchblutung.
J.of physiol. 73: 405, 1931
- 3 v.ARNIM D.: Zur physikalischen Behandlung der Obstipation.
Münch.med.Wschr. 11: 422, 1958
- 4 BARILLA M. u. a.:
Fonctions motorics des voies excrétiqes urinaires supérieures.
J. Radiol. Elektrol. 44: 48-54, 1963
- 5 BECKER J.A. u. POLLACK H.:
Cinefluorographic studies of the normal upper urinary tract.
Radiology 84: 884, 1965
- 6 BERGER A.: Zum Problem der Bewegungsunschärfe im Röntgenbild der Lunge und des Herzens.
Röntgenbl. 14: 369, 1961
- 7 BOEHM G.: Über den Einfluss des Nervus vagus auf den Dickdarm.
Münch.med.Wschr. 72: 1476, 1912
- 8 BOITEL Y.: L'achalasie du cardia.
Gastroent. 100: 87, 1963
- 9 BRAUCH F.: Studien zur normalen und pathologischen Physiologie der Bewegungsvorgänge am menschlichen Magen.
Z.klin.Med. 132: 733-761, 1937
- 10 BROD J.: Die Nieren.
Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1964
- 11 BRUCKMAYER H.:
Über die Bewegung des menschlichen Dickdarms im Röntgenkymogramm.
Med. 1956, D 1307

- 12 CAROLI J. u. a.:
 Contribution du radio-cinéma à l'étude du fonctionnement des voies biliaires de l'homme.
 Ann. Rech. med. 1956, 415-439
- 13 de CARVALHO P.:
 Die Pyelographie und die Pyelokinetographie. Zwei neue Mittel urologischer Untersuchungen. (port.)
 Arch. esp. Urol. 18: 87, 1935
- 14 CATEL W. u. GARSCHKE R.:
 Studien bei Kindern mit dem Bildwandler. Bewegungs- und Entleerungsvorgänge im Bereich von Nierenkelchen.
 Fortschr. Röntgenstr. 86: 66, 1957
- 15 COLLARD M. J.:
 Radiocinématographie du duodénum inférieur. Valeur diagnostique de la stase du genu inférieur.
 Arch. mod. Appar. dig. 48: 1538-1545, 1959
- 16 CONNELL A.: Recent advances in the investigation of large bowel diseases.
 Proc. ray. Soc. Med. (London) 57: 275, 1964
- 17 COSMA D. u. a.:
 On pyeloureteral motor functions in kidney resection.
 Urol. int. (Basel) 16: 319-340, 1963
- 18 CRAMER H. u. PINIKE J.:
 Physiologische und pathologische Bewegungsfunktion des Magens im Kymogramm.
 Fortschr. Röntgenstr. 53: 634, 1936
- 19 DAHM M.: Die Bewegungen des Oesophagus im Röntgenbild.
 Fortschr. Röntgenstr. 43: 464, 1931
- 20 DREYFUSS G. R. u. WILLCOX R. G.:
 The elevator esophagus. A fluoroscopic clue to possible organic disease.
 Radiology 75: 914-918, 1966

- 21 DYX A. u. THURN P.:
Zum Entleerungsmechanismus der Gallenblase.
Fortschr.Röntgenstr.92: 630-644, 1966
- 22 DYX A., THURN P. u. KISSLER B.:
Der physiologische Entleerungsmechanismus der ableiten-
den Harnwege im Röntgenkinematogramm.
Fortschr.Röntgenstr.97: 687-703, 1962
- 23 DUNCAN P.R. u.a.:
Tests of gallbladder function in man. The use of prepa-
rations containing cholecystokinin.
Gastroenterologica (Basel) 78: 349, 1952
- 24 EICHELTER G. u. EICHELTER P.:
Zur Frage der Eigenbewegungen der menschlichen Gallen-
blase und ihre Motorik im Kolikschmerz.
Wien.med.Wschr.112: 14, 1962
- 25 de FINE LICHT E.:
Cineroentgenography in duodenual obstruction.
Acta radiol. (Stockholm) 56: 481, 1961
- 26 FINKELSTEIN S.J.:
The motor function of the pathways of urinary tract of
tuberculosis excretion.
Vestn.Rentgenol.Radiol. (Moskau) 33, Nr.4: 44-50, 1958
- 27 FINKELSTEIN S.J.:
Urokymography in calculi in the ureters and renal pelves.
Vestn.Rentgenol.Radiol. (Moskau) 38, Nr.4: 46-49, 1963
- 28 FOCHEM K. u. PECHERSTORFER M.:
Der Wert der Kinematographie beim Infusionspyelogramm.
Fortschr.Röntgenstr.108: 47, 1968
- 29 FRÄNKEL A.: Die Eigenbewegungen des Magens im Röntgenbild.
Fortschr.Röntgenstr.34: 1-22, 1926

- 30 GADERMANN E. u. GROTH H.:
Elektrokymographische Untersuchungen über die Bewegungsabläufe in den verschiedenen Herzabschnitten.
Arch.Kreislaufforschung 22: 374-387, 1955
- 31 GEBAUER A.U. u. LISSNER J.:
Das Röntgenfernsehen.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1965
- 32 GLAESER H.: Die Bewegungen des Zoekum und der benachbarten Darmteile im Röntgenkymogramm.
Fortschr.Röntgenstr. 65: 268, 1942
- 33 GREGG D.E.: Physiology of the coronary circulation.
Circulation 27: 1128-1137, 1963
- 34 GREGG D.E.: Factors Normally Affecting Coronary Blood Flow. Coronary Heart Disease.
Ed. by William Lihoff a. John H. Mayer/Grund and Stratton. New York.
- 35 HAUBRICH R.: Zur Bewegung der Lungengefäße im Herzkymogramm.
Fortschr.Röntgenstr. 76: 1-8, 1952
- 36 HECKMANN K.:
Elektrokymographie (Aktinographie und Phasenanalyse des Herzens).
Fortschr.Röntgenstr. 76: 60-69, 1952
- 37 HECKMANN K.:
Die Untersuchung der Herzpulsation mittels der Elektrokymographie und Phasenanalyse.
Z.Kreislaufforschung 41: 2-10, 1952
- 38 HECKMANN K.:
Die systolische zentrifugale Pulsation der Ventrikel und ihr Nachweis mittels der elektrokymographischen Phasenanalyse.
Fortschr.Röntgenstr. 76: 337-343, 1952

- 39 HEIDENBLUT A.:
Kymographische Beobachtung der pulsatorischen Mitbewegung der Milz.
Fortschr.Röntgenstr.93: 380-382, 1960
- 40 HERBST R. u. MERIO P.:
Studien über Nierenbeckendynamik.
Fortschr.Röntgenstr.56: 418, 1937
- 41 HOFMEISTER J.:
Wörterbuch der philosophischen Begriffe.
2.Auflage. Hamburg 1955, S.117
- 42 HOLLAND G., SACK G. u. WÜLLENWEBER G.:
Das röntgenographische Bewegungsbild des Nierenbeckens und der Harnleiter.
Münch.med.Wschr.1933/II: 1497
- 43 HOLLAND G., SACK G. u. WÜLLENWEBER G.:
Klinische Beobachtungen über die Dynamik der abführenden Harnwege vermittle des bewegten Röntgenbildes (Uro-kymogramm).
Dtsch.Arch.klin.Med.177: 624: 1934
- 44 HOLLAND G., SACK G. u. WÜLLENWEBER G.:
Zur Kymographie der Nieren.
Fortschr.Röntgenstr.50, Kongr.H.: 17, 21, 1934
- 45 HUTTER K. u. SGALITZER M.:
Zur röntgenologischen Darstellung der Nieren und Harnwege durch intravenöse Injektion von Uroselectan.
Fortschr.Röntgenstr.41: 919, 1930
- 46 HUTTER K.: Retroperistaltik der Harnwege bei der hyperplastischen Niere.
Z.Urol.33: 511, 1939
- 47 HUTTER K.: Füllungsanomalien und abnorme Peristaltik bei Pyelitis im Röntgenbild.
Fortschr.Röntgenstr.5: 316, 1939

- 48 JACOBSON B. u. a.:
The dynamics of the choledochoduodenal junction studied by cinerontgenography during pressure recording.
Acta cir.scand. (Stockholm) 113: 488-494, 1957
- 49 JANKER R. u. GUNDAHL H.:
Röntgenkymographische Möglichkeiten für die Differentialdiagnose Achalasie-Kardiakarzinom.
Fortschr.Röntgenstr.100: 58-68, 1964
- 50 JANKER R.: Zur Röntgenkinematographie.
Fortschr.Röntgenstr.44: 658-668, 1931
- 51 JANKER R.: Die Röntgenkinematographie, ein Forschungs- und Lehrmittel.
Dtsch.Z.Chir.240: 52-61, 1931
- 52 JARRE H.A. u. CUMMING R.E.:
Pyelo-peristalsis characteristically altered by infection, with notes of functional behavior of other hollow viscera.
Radiology 23: 299, 1934
- 52a JORGENS K. u. KIESEL J.:
Cinefluorographic. Study of the duodenum.
Radiology 79: 760-762, 1962
- 53 JULIANI G. u. QUAGLIA C.:
Semeiotica roentgenchimografica dei vizi valvolari aortici e delle affezioni dell'aorta toracica.
Minerva radiol. (Torino) 8: 400-413, 1963
- 54 JULIANI G.: Note di semeiotica chimografica dell'aorta toracica.
Radiol.med.40: 228, 1954
- 55 JULIANI G. u. TETTONI E.:
Sui limiti d'impiego della roentgenchimografica nello studio delle stenosi esofagee.
Radiol.prat. (Palermo) 10: 486-492, 1960
- 56 KAZDA St.: Die Motilität des schwangeren Uterus im Röntgenbild.
Geburtsh.u.Frauenheilk.20: 953-959, 1960

- 57 KINOSHITA M.:
Über die Röntgenkymographie der Harnwege. (IV.Mittlg.)
Jap.J.Dermatl.42: 147, 1937
(jap.m.dtsch.Zusammenf.) 42: 230, 1937
- 58 LASZT L. u. MÜLLER A.:
Über Druck und Geschwindigkeitsverhältnisse im Coronar-
kreislauf des Hundes.
Helv.physiol.Acta 15: 38-54, 1957
- 59 LAUBER H.J. u. SCHERER F.:
Pyeloskopische Studien über den Entleerungsmechanismus
des normalen Nierenbeckens.
Fortschr.Röntgenstr.61: 222, 1940
- 60 LEMKE J.:
Flächenkymographische Beobachtung der pulsatorischen
Mitbewegung an den Nieren.
Fortschr.Röntgenstr.85: 42-46, 1956
- 61 LENZ H.:
Die Pendelbewegungen des Dünndarms im Röntgenkino-
bild.
Fortschr.Röntgenstr.92: 301-307, 1960
- 62 LENZ H.:
Eine röntgenkinematographische Funktionsanalyse der
Dünndarmperistaltik.
T.Gastr-ent. (Brugge) 6: 670, 1963
- 63 LENZ H.:
Die Peristaltik des Dünndarms im Röntgenkinobild.
Fortschr.Röntgenstr.91: 287, 1959
- 64 LENZ H.:
Weitere Untersuchungen zur Funktionsanalyse der Dün-
ndarmperistaltik.
Fortschr.Röntgenstr.97: 147, 1962
- 65 LENZ H.:
Tonus- und Motilitätsstörungen des Dünndarms.
Fortschr.Röntgenstr.98: 549, 1963
- 66 LILJA BENGT: Motor activity of the stomach.
Acta radiol. (Stockholm) Suppl.180: 3-94, 1959

- 67 LISCHI G. u. RUIU A.:
Motilitätsstörungen bei funktionellen und entzündlichen Erkrankungen des Colons nach retrograder Füllung.
Fortschr.Röntgenstr.98: 559, 1963
- 68 LOB A.:
Erfahrungen und Ergebnisse röntgenkymographischer Untersuchungen am Magen und Duodenum.
Fortschr.Röntgenstr.56: 689, 1937
- 69 LOB A.:
Über die Anpassung der Funktion an die veränderte Form. Neue Ergebnisse auf Grund flächenkymographischer Untersuchungen am operierten Magen.
Bruns's Beitrag 167: 229, 1938
- 70 MAINTZ M. u. WÜLLENWEBER S.:
Kymographische Untersuchungen über die Bewegungsvorgänge am gesunden und kranken Nierenbecken.
Fortschr.Röntgenstr.54: 505, 1936
- 71 MAINTZ M. u. MEESE J.:
Röntgenkymographische Untersuchungen über Retroperistaltik des Harnleiters.
Z.Urol.32: 756, 1938
- 72 MICHELS: Research films
- 73 MITSUNGA H. u.a.:
Cinefluorgraphie of the upper urinary tract.
Urolint. (Basel) 13: 236, 1962.
Aus Z.Radiol.74: 283, 1962
- 74 MONTANARA u. SALOMONI J.:
Osservazioni sul sistema venoso del braccio.
Radiologica (Roma) 14: 843, 1958
- 75 NOIX M.:
Technique de radiocinématographie urinaire.
Acta urol.belg.28: 117, 1960
- 76 NOIX M.:
La radiocinématographie dans l'étude de la motricité de l'appareil urinaire et pathologique.
Acta urol.belg.28, 1960

- 77 OHLSON Nils M.:
Left heart and aortic blood flow in the dog.
Acta radiol.1962, Stockholm, Supplementum 213
- 78 PADULA R.T.:
Herzklappenfunktion beim lebenden Tier gefilmt.
Medical Tribune 3, Nr.30, 1968
- 79 PESCE G. u. NEUMAIER F.:
Studio roentgenchimografico sul compartimento tonico-
cinetico del segmento cardiae dell'esofago normale.
Minerva otorinolaringol. (Torino) 3: 83, 1953
Aus Z.Radiol.43: 188, 1954
- 80 PETIT-DUTAILLES P.:
Etude clinique et radiologique des troubles moteurs en
gynécologie.
Z.Radiol.9: 326, 1931
- 81 PFEIFFER W.: Grundlagen der funktionellen urologischen Röntgendiagno-
stik.
Thieme Verlag, Stuttgart 1949
- 82 PRESSLER K.: Die Füllung des gesunden Appendix.
Radiologe 2: 177, 1962
- 83 PROUX Ch. u.a.:
Etude radiocinématographique des mouvements de l'uté-
rus et des trompes.
J.radiol.Electrol.41: 604, 1960
- 84 PUFF A., BARREBERG M. u. GOERTTLER T.:
Röntgenkinematographische Untersuchungen über den
Bewegungsmechanismus der Mitralklappe.
Fortschr.Röntgenstr.102: 607, 1965
- 85 RANDACCIO M. u. TOSCANO G.:
Studio roentgencinematografico della degluzione oro-
faringea.
Minerva radiol.fisioter.radiobiol. (Torino) 9: 487, 1964

- 86 REIN H. u. SCHNEIDER M.:
Physiologie des Menschen.
Springer-Verlag, Berlin 1956
- 87 ROGERS F.T. u. MARTIN C.L.:
A roentgenological study of gastric hunger motility in
a series of healthy men.
Americal.J.of physical.82, Nr.1: 113, 1927
- 88 SAUVEGRAIN J. u. LEFEBRE J.:
Etude radiocinématographique de la kinésie de l'esto-
mac et du franchissement antropyloroduodenal.
J.belg.Radiol.47: 299, 1964
- 89 SAUVERGRAIN J.:
Diagnostic radiocinématographique entre l'hypertrophie
du pylore et de la dyskinésie antrale.
Ann.Radiol. (Paris) 7: 429, 1964
- 90 SCHIAU u.a.: Certains aspects de la vesicule biliaire après gastrecto-
mie partielle et sous totale.
Radiol.diagnost. (Berlin) 3: 63, 1962
- 91 SCHILLING K.:Über die Kymographie des Magens.
Fortschr.Röntgenstr.50: 30, 1934
- 92 SCHILLING K.:Magenulcus und Magenmechanismus im Röntgenkymo-
gramm.
Fortschr.Röntgenstr.51: 29, 1935
- 93 SCHLICHT L.: Über das Kymogramm degenerativer Wandprozesse der
Iliakalarterie bei lumbaler Aortographie.
Fortschr.Röntgenstr.88: 680, 1958
- 94 SCHOBER H.: Das Sehen.
3.Auflage. Fachbuchverlag Leipzig 1964
- 95 SIMONETTI C. u. TONISELLI M.:
Considerazioni chritiche sulla roentgenchimografica
delle arterie coronarie.
Gazz.internaz.Med.e Chir.61: 364, 1950

- 96 SINKO O.: Röntgenzeichen der primär malignen Duodenaltumoren.
Z.Radiol. 74: 57, 1962
- 97 STENZEL B.: Röntgenkinematographische Geschwindigkeitsmessungen
am Magen.
Inaugural-Dissertation, München 1969
- 98 STIEVE F.E.: Methoden und Ergebnisse moderner Durchleuchtungstechnik.
Referat 1965
- 99 STIEVE F.E.: Bewegungsstudien mit Röntgenstrahlen, langsame Bewegungen (Magen, Darm, Gallenblase, Urogentialsystem)
In: Symposion über Bildgüte in der Radiologie II.
G.Fischer, Stuttgart.
- 100 STIEVE F.E.: Die Röntgenuntersuchung der Niere bei Nephritis.
Die Heilkunst 82, H.6, 1969, Sonderdruck.
- 101 STOLZE Th.: Über Bewegungsabläufe des Dickdarms.
Z.inner.Med. 11: 809, 1956
- 102 STUMPF P.: Röntgenkymographische Bewegungslehre innerer Organe.
Georg Thieme Verlag, Leipzig 1936
- 103 SUYAMA K.: Cineradiographic study of upper urinary tract.
Z.Radiol. 72, 162, 1962
- 104 TAKAHASHI A., TSUCIYA F. u. SHIGA T.:
Über die Röntgenkymographie der oberen Harnwege.
Jap.J.Darmat. 39: 124 (jap.m.engl.Zusammenf.)
- 105 TAKENAKA E.:
Cinefluoric studies on normal swallowing.
Acta radiol. Nippon 21: 809, 1962.
Aus Z.Radiol. 74: 272, 1962
- 106 TIEMANN F. u. LENZ H.:
Röntgenkinematographische Untersuchungen am normalen und pathologisch veränderten Dünndarm.
Gastroenterologica 92: 283, 1959

- 107 TONIYA u. NOSAKI:
Studies on digestive function of human stomach.
Nippon Acta radiol.24: 183, 1964
- 108 TRUCHOT u. NOIX M.:
Radiocinématographie urinaire.
J.belg.Radiol.40: 135, 1957
- 109 TURANO L.: Radiologische Physiologie des Oesophagus.
Fortschr.Röntgenstr.90: 527, 1959
- 110 VOGT A.: Die Mitbewegung des Herzens durch die Pulsation der
Aorta descendens.
Fortschr.Röntgenstr.76: 397, 1952
- 111 WANJURA M.:
Mechanographische Motilitätsuntersuchungen im Oeso-
phagus und Dünndarm unter normalen und pathologischen
Verhältnissen.
U, 1955, 20
- 112 WIGGERS C.J.:
The interplay of coronary vascular resistance myocar-
dial Compression in regulating coronary flow.
Circulating Research Vol.II, May 1954, 271-279
- 113 WILHELM G. u. SCHAAF J.:
Zur Analyse von Bewegungsvorgängen am karzinomatösen
Magen.
Radiol.clin. (Basel) 28: 160-174, 1959
- 114 ZALCMAN R. u. STUCKENS M.:
Radiocinématographie en pathologie urinaire.
J.belg.Radiol.42: 252, 1959
- 115 ZIMMERMANN H.:
Der Koronarkreislauf im Kineangiogramm.
Habilitationsschrift, Universität München, 1965

Herrn Professor Dr. med. H. v. Braunbehrens danke ich für die Übernahme des Korreferates und die rasche Durchsicht der vorliegenden Arbeit.

Von Herzen danken möchte ich Herrn Professor Dr. med. F. E. Stieve für seine Grosszügigkeit mit der er mir das Thema dieser Arbeit anvertraute. Die mir gewährte Freiheit und Selbständigkeit machten mir das Arbeiten zur Freude.

LEBENS LAUF

Maria Steinbacher, geboren am 9.12.1935 in Kaiserslautern, Tochter des Regierungsamtmannes Emil Steinbacher und seiner Frau Amalie, geborene Huber.

Nach dem Besuch der Volksschule Gymnasialzeit bis zum ersten Tertial der Obersekunda in Kaiserslautern, sodann aus familiären Gründen Unterbrechung meiner Ausbildung.

Von 1953 bis 1959 Tätigkeit als Büroangestellte, von 1957 bis 1959 gleichzeitiger Besuch eines Abendgymnasiums in Mannheim.

1959 Zentralabitur am Mollgymnasium in Mannheim.

Von 1959 bis 1962 Studium der Kunstgeschichte an der Universität Heidelberg.

Von 1962 bis 1968 Medizinstudium mit Staatsexamen an der Universität München.

März 1970: Nach Ableistung einer 1 1/2 jährigen Medizinalassistentenzeit Approbation als Arzt.

